www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Jaargang 20, 1958, no. 6/7 blz. 161-208 Verschenen 6 oktober 1958

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUKTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

VERWEZENLIJKING VAN HET „ELEKTRONISCH GEDICHT" IN HET PHILIPSPAVILJOEN OP DE WERELDTENTOONSTELLING TE BRUSSEL

A. DE LICHTEFFECTEN, door L. C. KALFF.
B. DE GELUIDSEFFECTEN, door W. TAK.
C. DE ELEKTRONISCHE BESTURING, door S. L. de BRUIN.

628.973:534.86:621.316.7.076.7:789.983

Aan de bezoekers van de Expo '58 heeft Philips niet een overzicht van zijn produkten willen geven zoals dit reeds geregeld op andere tentoonstellingen en op jaarbeurzen geschiedt. In het paviljoen waarmee Philips te Brussel vertegenwoordigd is, vindt men deze produkten als het ware gesymboliseerd door Licht en Geluid, in een nieuwe kunstvorm tot synthese gebracht. Dit laatste geschiedt in Le Corbusier's „Poème électronique", waaraan de componist Varèse, de cineast Agostini en o.a. de hieronder aan het woord komende technische deskundigen hebben meegewerkt. De realisering van het „Elektronisch Gedicht" vraagt uitgebreide lichttechnische en elektro-akoestische voorzieningen en daarenboven een gecompliceerde, grotendeels elektronische, besturing: het gehele schouwspel verloopt en herhaalt zichzelf namelijk vrijwel zonder menselijk ingrijpen.

A. DE LICHTEFFECTEN

door L. C. KALFF.

Op de Wereldtentoonstelling te Brussel is Philips vertegenwoordigd met een door Le Corbusier en Xenakis ontworpen paviljoen. Enige artikelen in het vorige nummer van dit tijdschrift waren gewijd aan de zeer bijzondere architectuur van dit bouwwerk [1]). In het huidige artikel wordt aandacht geschonken aan hetgeen zich binnen de „muren" ervan afspeelt. Hier wordt het publiek getoond hoe wetenschap en techniek een instrument hebben geschapen dat kunstenaars de beschikking geeft over nieuwe uitdrukkingsmogelijkheden in de vorm van licht- en geluidseffecten. Te Brussel wordt tot uitvoering gebracht het „Elektronisch Gedicht" van Le Corbusier en zijn medewerkers. Het publiek, ten getale van enige honderden, ziet op de gebogen wanden om zich heen een steeds wisselend spel van geprojecteerde beelden en gekleurde vlakken. Deze gaan vergezeld van geluidseffecten, die dank zij elektro-akoestische hulpmiddelen al evenzeer de illusie van beweeglijkheid scheppen.

In het „Elektronisch Gedicht" heeft Le Corbusier tot uitdrukking willen brengen hoe de mensheid in een steeds sterker gemechaniseerde wereld streeft naar een toekomstige nieuwe harmonie. Het scenario van het „Elektronisch Gedicht" bestaat uit zeven delen, getiteld als volgt:

De schepping,
Geest en materie,
Van duisternis naar dageraad,
Van goden, door mensenhand geschapen,
Zo smeedt de tijd de beschaving,
Harmonie,
Aan de gehele mensheid.

[1]) Het Philipspaviljoen op de Wereldtentoonstelling te Brussel 1958,
I. Y. Xenakis, Het architectonische ontwerp van Le Corbusier en Xenakis voor het paviljoen,
II. C. G. J. Vreedenburgh, De hypparschaal en zijn mechanische eigenschappen,
III. A. L. Bouma en K. F. Ligtenberg, Het modelonderzoek voor de bouw van het paviljoen,
IV. H. C. Duyster, De constructie van het paviljoen in voorgespannen beton,
Philips techn. T. **20**, 125-160, 1958 (no. 5).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

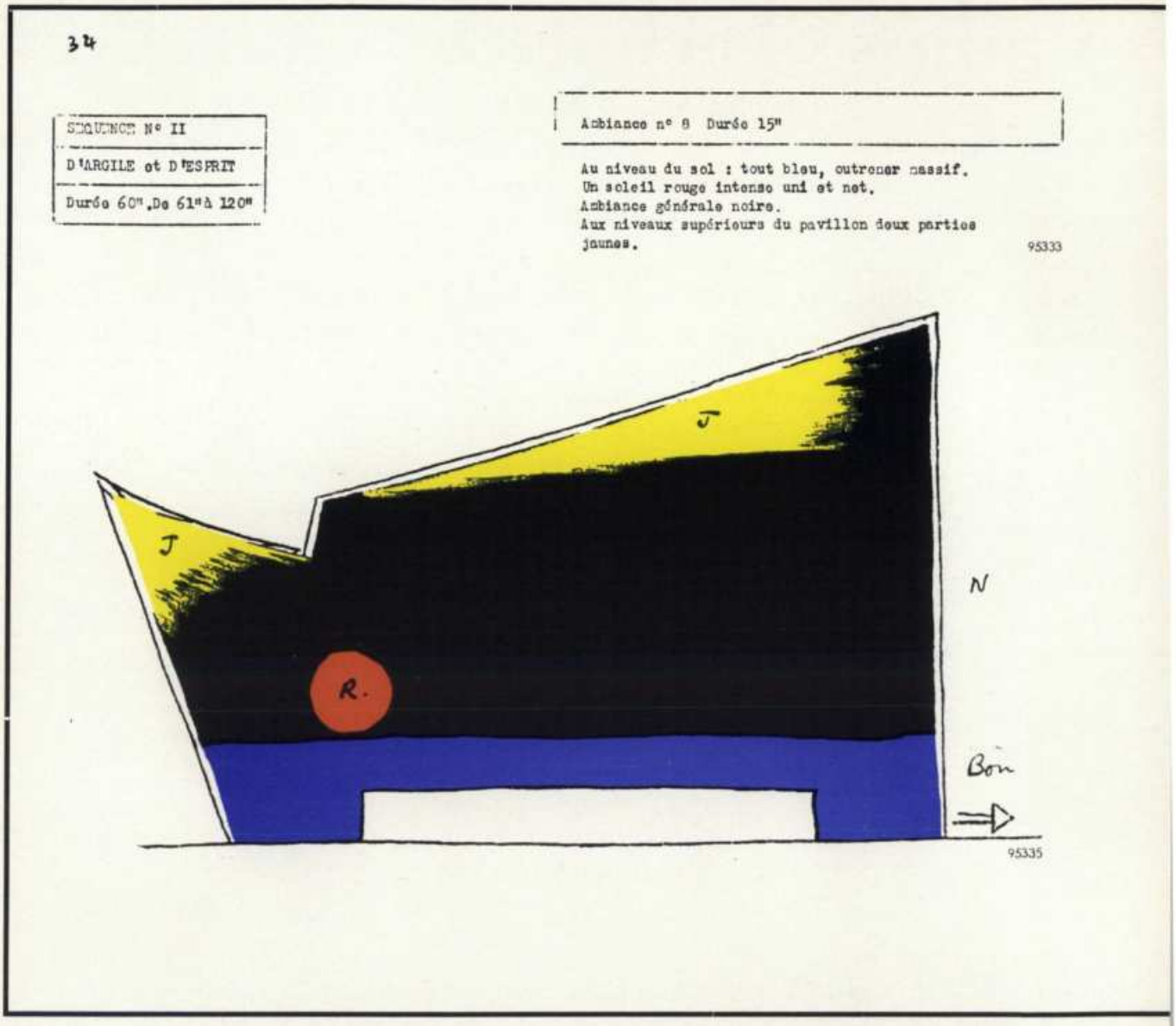


Fig. 1. Twee bladzijden uit het scenario van Le Corbusier's „Elektronisch Gedicht". Op de linkerbladzijde de kleuren van de „ambiances" in een bepaald tijdsinterval, op de rechterbladzijde het tijdschema met omschrijving van de „écrans" en de „tritrous".

In het scenario is van seconde tot seconde, voor de gehele duur van het schouwspel (480 seconden) vastgelegd wat er te zien moet zijn. *Fig. 1* toont twee bladzijden uit het scenario.

Wat betreft de lichteffecten, onderscheidt Le Corbusier de volgende:

1) „Ambiances", d.z. lichtvlakken die een bepaalde sfeer moeten oproepen. Zij ontstaan doordat op de wanden van het paviljoen gekleurd licht wordt geworpen, dikwijls verdeeld in zones die de architectonische vormen van het gebouw accentueren.
2) „Volumes", waarmee worden aangeduid twee in de ruimte hangende figuren: een vrouwenfiguur en een uit metalen buizen samengesteld stereometrisch lichaam, beide behandeld met fluorescerende verf. Bij bestraling met ultraviolet fluoresceert het ene „volume" rood, het andere groen-blauw.
3) „Ecrans", d.z. grote delen van de wand waarop in zwart-wit filmbeelden van mensen, dieren en allerlei voorwerpen worden geprojecteerd (*fig. 2*). Door gelijktijdig aanwezige „ambiances" doet het zwart van de projecties zich gekleurd voor.
4) „Tritrous". Op bepaalde gedeelten van de wand rondom de „écrans" worden nu en dan fel gekleurde lichtbundels geworpen of figuren in zwart-wit geprojecteerd. Dit gebeurt door middel

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

35

Sec	Volumes Mat	Fon	Ecrans Notes	Vision	Référence	Sec	Tritons	Paroles
81				Les quatre savants	T.113	81	Les quatre savants dans les trous éclairés en couleur bleu et rouge.	
82						82		
83						83		
84			Toutes ces têtes seront animées, c'est-à-dire qu'il faut à tout prix éviter la monotonie et la lenteur. Cela doit être vivant	Tête de nègre Congo	T.114	84		
85				Tête de nègre Maori	T.116	85		
86				Tête de nègre Mayogo	T.117	86		
87				Tête de fille Hongbetu	T.118	87		
88				Courbet: femme couchée PAM 227	D.121	88	Les tritons en couleur bleu et rouge.	
89				Art Attique MAL 49	D.124	89		
90				Art Sumérien MAL 11	D.125	90		
91				Egypte MAL 68	D.128	91		
92				Dame D'Écho MLZ 94	D.130	92		
93				Art Sumérien MAL 11	D.125	93		
94				César MAL 171	D.133	94		
95				Art Celtique MAL 212	D.135	95		

95334

van een filmstrook waarvan elk „beeldje" geheel ondoorschijnend is, op drie openingen („trois trous") na, waarin de kleuren of beelden zijn aangebracht.

5) Verder kunnen nog een rode zon, een maan, sterren en wolken te voorschijn worden geroepen.

De lichttechnische voorzieningen waarmee deze effecten worden gerealiseerd, zijn in vergelijking met de elektro-akoestische hulpmiddelen en de besturing betrekkelijk eenvoudig. Toch heeft het verwezenlijken van de lichteffecten nog wel enige moeilijkheden geleverd. De grootste was een gevolg van de eis dat de projecties en belichtingen zouden geschieden aan weerszijden van de zaal tegelijkertijd. Er was dus een aanzienlijke hoeveelheid diffuus gereflecteerd licht, dat de contrasten en de kleurwerking ernstig dreigde te schaden.

De oplossing is gevonden in de volgende maatregelen: 1) het gebruik van zo klein mogelijke lichtintensiteiten, om te voorkomen dat men te veel van de zaal zou zien, 2) het vermijden van grote witte vlakken, en 3) het gebruik van de juiste kleurencombinaties. Complementaire kleuren, additief gemengd, leveren, zo niet wit, dan toch minder sterk verzadigde, dus minder sprekende kleuren. Hieraan is tegemoet gekomen door slechts niet-complementaire kleuren te laten samengaan, zoals groen en blauw, rood en geel, violet en rood.

Deze maatregelen hebben een nauwe samenwerking nodig gemaakt tussen enerzijds Le Corbusier en de cineast Agostini voor wat betreft de voorgeschreven beelden en kleuren, en anderzijds de verlichtingskundige, wiens taak het was de soort van de verschillende lichtbronnen en de kleurfilters te kiezen. Grotendeels zijn deze kwesties pas op het laatste moment, in het paviljoen zelf, proefonder-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vindelijk uitgezocht en definitief geregeld kunnen worden.

De gebruikte lichtbronnen zijn de volgende:

a) Vier grote filmprojectors, waarvan twee voor de filmbeelden en twee voor de „tritrous". Door middel van eens voor al ingestelde spiegeltjes worden de „tritrous"-bundels zo gericht dat de beelden op de gewenste plaats vallen. Een „elektrische as" zorgt voor het noodzakelijke synchronisme tussen de verschillende projectors.

b) Vier projectielantaarns, elk met een gloeilamp van 3 kW en een grote draaibare schijf, waarin acht diapositieven of kleurfilters voor de „ambiances" zijn gemonteerd. Servomotoren draaien de schijf in de gewenste stand.

c) Twee projectielantaarns als (b), voor het projecteren van wolken.

d) Twee projectielantaarns met een gloeilamp van 1 kW, voor resp. een zon en een maan.

e) Zes bundellichten met een gloeilamp van 500 W, waarmee bepaalde kleuraccenten op de wand kunnen worden geworpen.

f) Vier reflectors met een hogedrukkwiklamp van 125 W, voorzien van een ballon die wel ultraviolet, maar vrijwel geen licht doorlaat. Twee ervan doen de vrouwenfiguur rood, de andere twee doen de stereometrische figuur groen-blauw fluoresceren.

g) 50 „sterren": gloeilampjes van 5 W, over de bovenwand verspreid. Deze lampjes flonkeren doordat ze op grillige wijze in- en uitgeschakeld worden (door middel van telefoonkiezers).

h) 40 groepen van vijf fluorescentielampen „TL" M (40 W), in wit en in verschillende kleuren (rood, geel, groen en blauw). Deze lampen dienen om de gehele zaal te verlichten, of, bij verminderde lichtstroom, de illusie van een lichtende horizon te scheppen. Daartoe zijn ze aangebracht achter de 1,85 m hoge balustrade, die de omtrek van de vloer van het paviljoen volgt; zie de plattegrond (*fig. 3*) en de verticale doorsnede (*fig. 4*). Ook de andere lichtbronnen (alleen niet de „sterren") zijn achter deze balustrade geplaatst (*fig. 5*).

Fig. 2. Een „écran" (filmprojectie op de wand). De vier hoekjes zijn luidsprekers, waarvan er in het paviljoen 350 aanwezig zijn.

De lichtstroom van de fluorescentielampen achter de balustrade is regelbaar met behulp van thyratrons [2]). De stuurimpulsen voor deze buizen worden in faze verschoven door tussenkomst van potentiometers, die gedraaid worden door servomotoren. Deze laatste worden op hun beurt bestuurd door

[2]) K. W. Hess en F. H. de Jong, Het regelen van de lichtsterkte van fluorescentielampen met behulp van thyratrons, Philips techn. T. **12**, 83-94, 1950.

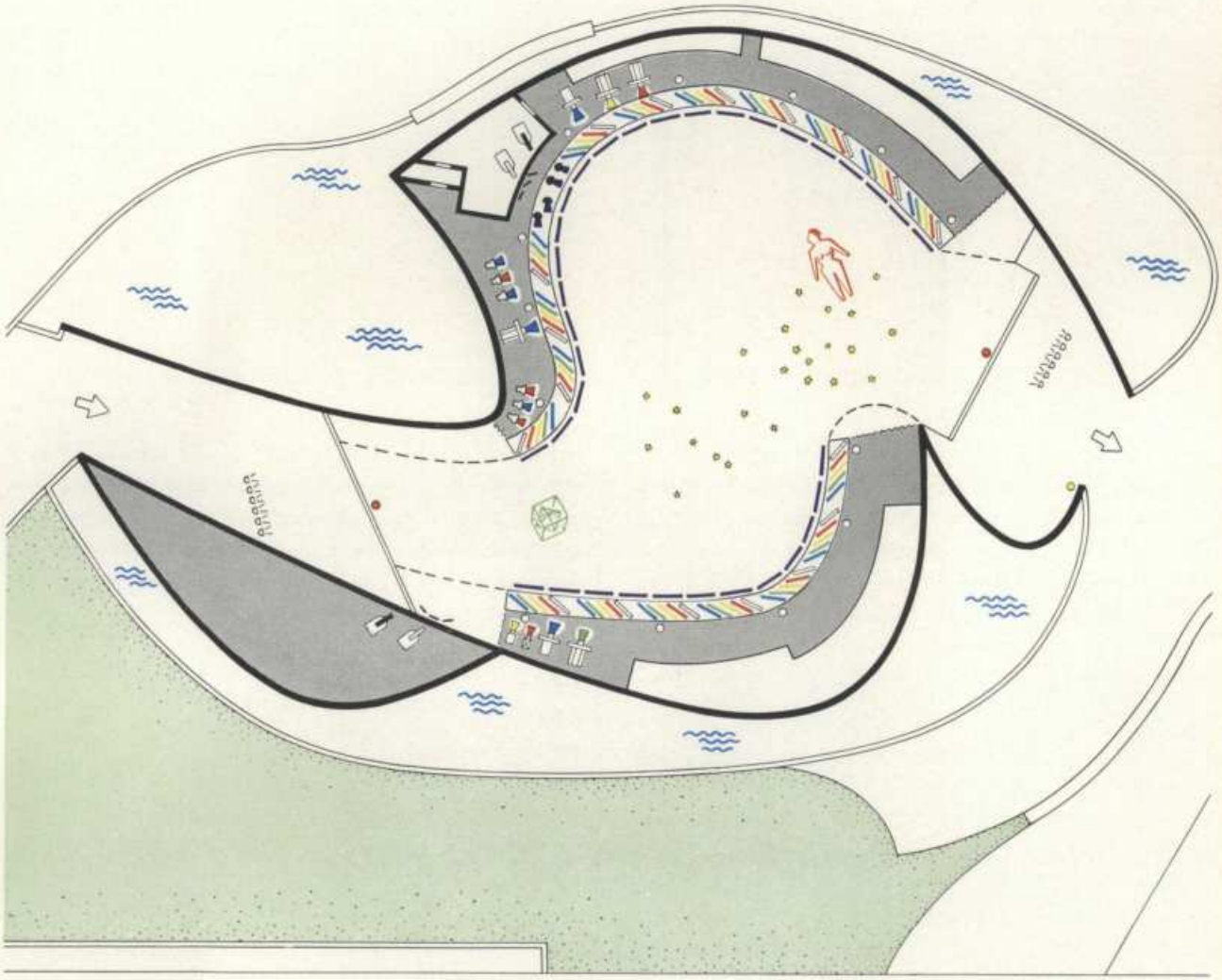
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

stuursignalen, die op een magnetische band zijn vastgelegd. Voor verdere bijzonderheden over de besturingsinrichting — die nog veel meer omvat — zij verwezen naar het laatste gedeelte van dit artikel.

De bovengenoemde projectie- en verlichtings-

Ten eerste is er de voorgeschreven noodverlichting, gevoed uit een batterij van 60 V en bestaande uit een permanent brandende rode gloeilamp boven ingang en uitgang, verder uit enige kleine witte lampjes rondom, die automatisch gaan branden zo-



filmprojector (voor de „écrans").
filmprojector (voor de „tritrous").
projectielantaarn (voor de „ambiances").
projectielantaarn (voor wolken).
projectielantaarn (voor de zon).
projectielantaarn (voor de maan).
bundellicht (voor gekleurde lichtvlekken).
ultravioletstraler (voor de „volumes").
gloeilampje (ster).
„TL" M-lampen, wit en gekleurd.
ultravioletstraler (voor de vloertegels).
noodverlichting (wit).
noodverlichting (rood).
verlichting voor paniekgevallen.
spiegels voor „tritrous"-bundels.
gele „TL" M-lampen in uitgangsportaal.

Fig. 3. Plattegrond van het Philipspaviljoen op de tentoonstelling te Brussel, met schematische aanduiding van de lichtbronnen.

installaties dienen uitsluitend voor het bereiken van decoratieve effecten. Het paviljoen bezit echter ook nog verschillende utiliteitsverlichtingen — eveneens in fig. 3 schetsmatig aangegeven —, waarvan wij met enkele woorden melding willen maken.

dra het lichtnet uitvalt. Voor het geval dat er onder het publiek een paniek zou dreigen te ontstaan, kan men vanaf de bedieningslessenaar een noodverlichting ontsteken. Verder is de balustrade waarvan boven sprake was, over de gehele lengte gemarkeerd

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

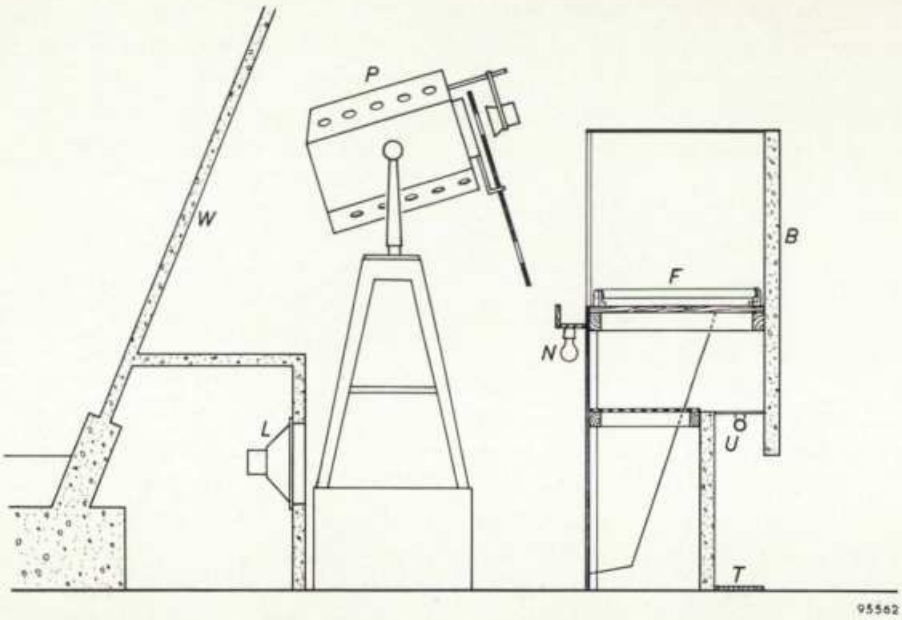


Fig. 4. Verticale doorsnede van de ruimte achter de balustrade. *W* betonnen wand van het paviljoen. *L* lagetonenluidspreker in de wand van een overigens gesloten kast. *P* projectielantaarn. *F* witte en gekleurde „TL" M-lampen. *N* noodverlichtingslamp. *U* buisvormige ultravioletstraler, die de vloertegels *T* doet fluoresceren. *B* balustrade.

met blauwachtig wit fluorescerende tegels in de vloer (fig. 4), om te voorkomen dat het publiek zich bij het betreden van de donkere zaal zou stoten. De tegels worden tot fluoresceren gebracht door 45 buisvormige ultravioletstralers van 40 W. Zes verdekt opgestelde „TL" lampen van 40 W boven de uitgang aan de buitenzijde geven bij avond een decoratief effect, vooral doordat hier geel fluorescerende lampen zijn gekozen, die fraai contrasteren tegen het blauwe kwiklicht waarmee 16 „HPL"-lampen van 250 W de buitenzijde van het paviljoen bestralen.

Fig. 5. Een kijkje achter de balustrade. Men ziet enige van de fluorescentielampen (met verschillende kleuren) en een batterij projectielantaarns voor de „ambiances" met hun kleurfilters. Daarboven, aan de wand, een aantal hogetonenluidsprekers. Rechts beneden een lagetonenluidspreker.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

B. DE GELUIDSEFFECTEN

door W. TAK.

In de akoestiek kent men reeds lang verschillende effecten die het waarnemen van geluiden op bepaalde manieren beïnvloeden. Nagalm en echo zijn wel de bekendste van deze verschijnselen. Zij verschaffen ons, buiten de visuele waarneming om, een door de ervaring geleerde indruk van de omgeving. Behalve langs natuurlijke weg, is het mogelijk nagalm en echo kunstmatig op te wekken. Daarbij kan men de akoestische indruk die de toehoorders van hun omgeving krijgen, aanzienlijk doen verschillen van de visuele indruk [3]). Deze tegenstrijdigheid van indrukken kan de aanwezigen de sensatie geven dat zij iets geheel onverwachts beleven. De mogelijkheid om langs elektro-akoestische weg dergelijke emoties op te wekken, kan voor de muziek misschien een verrijking betekenen.

Even merkwaardige effecten kan men bereiken met behulp van de stereofonie [4]): geluid kan worden waargenomen uit een richting waarin zich géén geluidsbron bevindt, en door zuiver elektrische manipulaties kan men de indruk wekken dat een geluidsbron zich verplaatst, zonder dat er zich in werkelijkheid iets verplaatst.

Deze effecten stonden ons voor de geest toen wij eind 1956 met Le Corbusier van gedachten wisselden over het geluidsgedeelte van zijn „Elektronisch Gedicht". Aan de toehoorders zou de illusie gegeven kunnen worden dat verscheidene geluidsbronnen zich om hen heen bewegen, rijzen en dalen, samenkomen en uiteengaan, terwijl de ruimte waarin dit zich afspeelt, nu eens eng en „droog" zou zijn, dan weer de afmetingen van een kathedraal zou schijnen te bezitten.

Intussen was in dat stadium van de plannen de compositie die Edgar Varèse zou maken, in letterlijke zin nog toekomstmuziek. Bekend was slechts dat het grotendeels elektronische muziek zou zijn, in de zin die men de laatste jaren aan deze term is gaan geven, d.w.z. muziek waarvan de compositie zelf is gebaseerd op het gebruik van elektronische hulpmiddelen. Zoals al eens in dit tijdschrift is uiteengezet, kunnen deze hulpmiddelen zodanig worden toegepast dat geheel nieuwe klanken ontstaan [5]). Hoewel wij de bijzondere wensen van Varèse ten aanzien van die klanken nog niet kenden, waren wij ervan overtuigd dat stereofonie en kunstmatige nagalm waardevolle elementen in het „Elektronische Gedicht" zouden blijken. Dit was voldoende om toen reeds een schematische opzet voor de vereiste apparatuur te kunnen maken.

Naar onze mening zou het gelijktijdig waarnemen van een drietal klankbeelden die uit verschillende richtingen komen of zich in verschillende richtingen bewegen, een geheel nieuwe ervaring vormen. Daarom werd reeds in het genoemde prille stadium besloten tot het ontwikkelen en construeren van apparaten die de compositie over drie onafhankelijke kanalen zouden kunnen weergeven. Wij stelden ons voor dat met behulp van een driesporige geluidsband de gewenste elektro-akoestische effecten te realiseren zouden moeten zijn. Elk van de drie weergeefkoppen zou over versterkers talrijke luidsprekers voeden. Op een tweede magnetische band, met een groot aantal sporen, zouden stuursignalen geregistreerd staan, waarvan sommige zouden bepalen welke luidsprekers op elk ogenblik in- en welke uitgeschakeld moeten zijn, en andere de lichteffecten zouden besturen.

Toen deze voorbereidingen ver genoeg waren gevorderd, is Varèse naar Eindhoven gekomen om met ons zijn compositie te verwezenlijken. Voor dit doel was een speciale studio ingericht. Varèse heeft zich bij het componeren in hoofdzaak toegelegd op het karakter van het klankbeeld, terwijl hij de keus van de „intonatie" (de verdeling van het geluid over de luidsprekers, dus de ruimtewerking) meestal aan ons overliet. De compositie kenmerkt zich door een enorme klankrijkdom, waarvan het realiseren vaak met grote moeilijkheden gepaard is gegaan [6]). Ten volle heeft zich hier het bezwaar doen gelden dat op dit gebied de taal niet over woorden beschikt om aan te duiden wat men bedoelt. Varèse's wensen waren dikwijls geformuleerd als „more nasal", „less biting", „more rasping", en aan ons was de taak, hieraan door het gebruik van filter-, meng- en transponeerschakelingen zo goed mogelijk tegemoet te komen. Ter omschrijving van de nodige operaties moesten wij herhaaldelijk onze toevlucht nemen tot klanknaboot-

[3]) Het verbeteren van de akoestiek van zalen door middel van „stereonagalm" (R. Vermeulen, Philips techn. T. **17**, 223-231, 1955) berust ook op het teweegbrengen van een verschil tussen de „akoestische" en de werkelijke omgeving. Het verschil mag in dat geval echter nimmer zodanig zijn dat de toehoorders het zich bewust worden.

[4]) Zie b.v. Philips techn. T. **17**, 193 e.v., 1955.

[5]) H. Badings en J. W. de Bruyn, Elektronische muziek, Philips techn. T. **19**, 269-279, 1957 (no. 9).

[6]) Van grote waarde is hierbij de hulp van de heer J. W. de Bruyn geweest.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

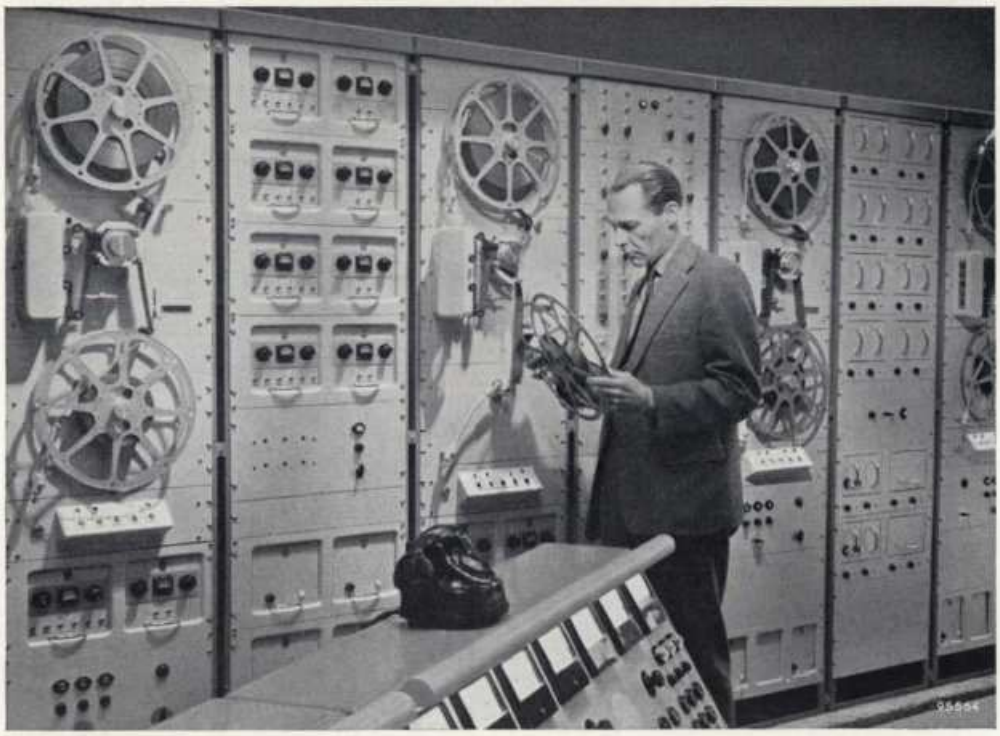


Fig. 6. De aftastmachines voor de driesporige magnetische geluidsband met de elektronische muziek van Varèse en de 15-sporige stuurband. Tijdens de voorstellingen zijn twee van de vier machines in gebruik.

sende woorden: „wauwwauw", „poewip", „tikketok", „voep", „tjutja", enz. Opgemerkt zij nog dat niet uitsluitend elektronisch voortgebrachte signalen zijn verwerkt, maar ook met de microfoon opgenomen „concrete" geluiden: klavierakkoorden, klokgebeier, koor- en solozang, slagwerk, geluiden uit fabriekshallen, enz., een en ander ook weer na elektrische „bewerking" (filters enz.) op de band gebracht.

De registratie op de drie sporen is zodanig dat de sporen *II* en *III* gereserveerd bleven voor nagalm en stereofonische effecten. Met het oog op deze laatste zouden enige compacte luidsprekergroepen aanwezig moeten zijn, b.v. één boven de ingang en één boven de uitgang van het gebouw. Het was echter te verwachten dat daarmee niet voor ieder van de ca. 500 toeschouwers een duidelijk stereofonisch effect te verkrijgen zou zijn. Dit zou wèl het geval zijn indien nog andere, meer verspreide, groepen werden aangebracht — zg. geluidsroutes — waarvan de afzonderlijke luidsprekers door een schakelmechanisme achtereenvolgens in- en weer uitgeschakeld zouden worden, zodat de geluidsbron als het ware een bepaalde baan zou beschrijven. Dit systeem is in het paviljoen met succes toegepast.

Nadat de gehele compositie op de driesporige geluidsband was vastgelegd, kon een aanvang worden gemaakt met het uitwerken van een „partituur" voor de besturing. Op een tweede magnetische band — ditmaal een met niet minder dan 15 sporen — zijn de stuursignalen geregistreerd, die zorgdragen voor de gewenste distributie van de compositie over de verschillende luidsprekers. Het zal duidelijk zijn dat dit een zeer minutieus werk is geweest, daar elk stuursignaal precies op het goede ogenblik moet verschijnen resp. verdwijnen. Voor nadere bijzonderheden betreffende het besturingssysteem verwijzen wij naar het laatste gedeelte van dit artikel.

Tot besluit een korte beschrijving van de elektroakoestische apparatuur zoals deze in het paviljoen aanwezig is.

Zowel de geluidsband als de stuurband heeft dezelfde breedte (35 mm) en dezelfde perforatie als normale bioscoopfilm. De perforatie is van belang met het oog op het vereiste synchroon lopen van de twee banden onderling. Elk van de banden wordt afgetast in een speciale aftastmachine (met 3 resp. 15 weergeefkoppen) en aangedreven door een snel startende synchrone motor. Met uitzondering van de luidsprekers is de gehele installatie dubbel uitgevoerd, zodat er in het bedieningsvertrek van het paviljoen vier aftastmachines staan opgesteld (*fig. 6*).

Het aantal luidsprekers is 350. Vijfentwintig hiervan zijn lagetonenluidsprekers, aangebracht in

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

één der wanden van overigens geheel gesloten kasten [7]) van beton, achter de balustrade (fig. 4 en fig. 5). Deze luidsprekers hebben een bijzonder hoog rendement (20%). De overige luidsprekers (rendement 5%) zijn aangebracht deels in compacte groepen (boven de ingang en de uitgang van het gebouw), deels in verspreide groepen (fig. 2 en fig. 5), o.a. in geluidsroutes (langs de ribben van het gebouw en horizontaal). Via een gecompliceerd relaissysteem worden de luidsprekers gevoed uit 20 versterkers, elk met een uitgangsvermogen van 120 W. Zes van deze versterkers betrekken hun ingangssignaal van geluidsspoor *I*, acht van spoor *II* en zes van spoor *III*. Door middel van speciale signalen kunnen de ingangen van de verschillende versterkergroepen verwisseld worden, zodat men geheel vrij is in het kiezen van de weg waarlangs men een bepaalde klank wil weergeven.

[7]) Vgl. Philips techn. T. **18**, 314 e.v., 1956.

C. DE ELEKTRONISCHE BESTURING

door S. L. de BRUIN.

Zoals in het voorafgaande reeds is aangestipt, worden de licht- en de geluidseffecten van het „Elektronisch Gedicht" gecommandeerd door signalen die op een magnetische band zijn vastgelegd. *Fig. 7* geeft in sterk vereenvoudigde vorm het principeschema van de installatie weer. De lessenaars

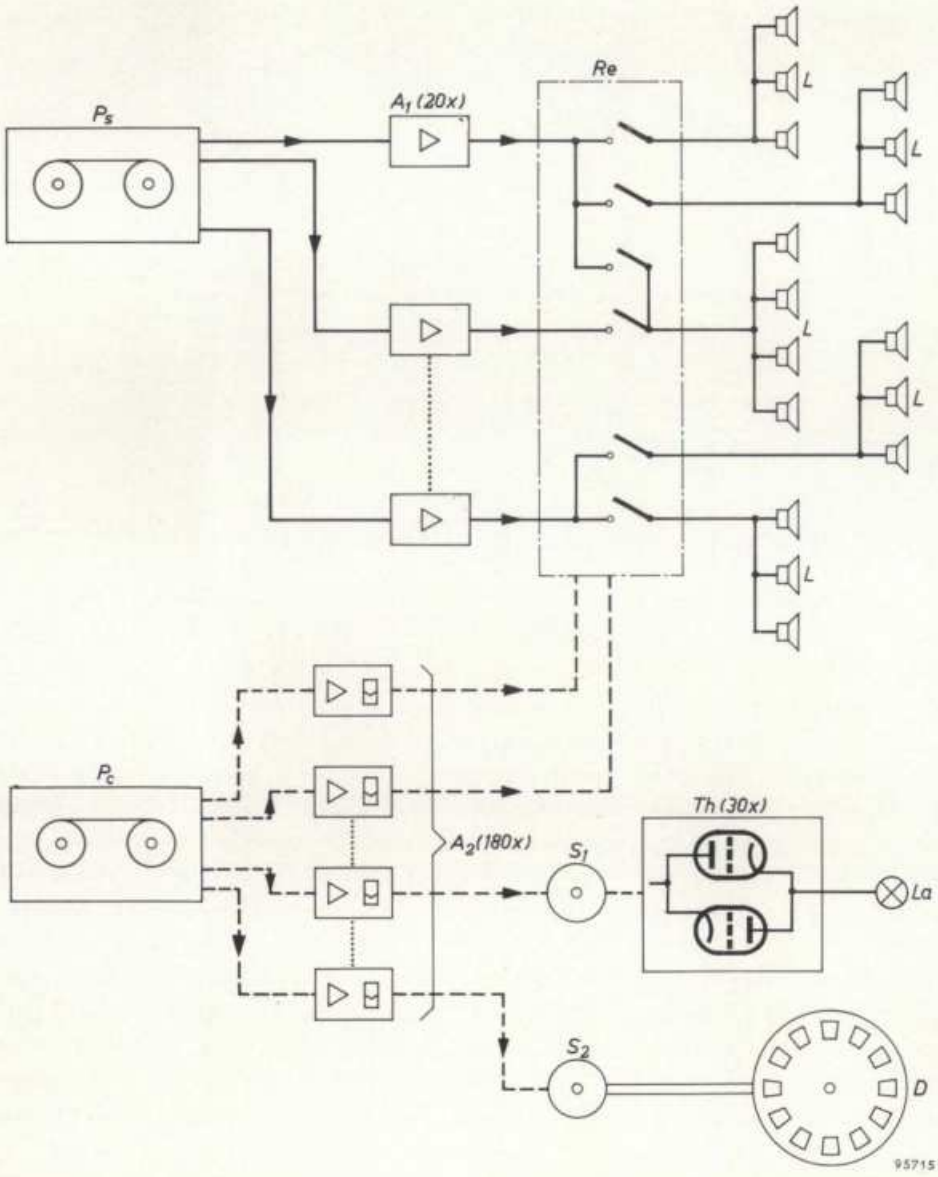


Fig. 7. Principeschema van de installatie voor het „Elektronische Gedicht", sterk vereenvoudigd. P_s aftastmachine met driesporige magnetische geluidsband. A_1 versterkers (20 stuks) met 120 W uitgangsvermogen. *Re* relais. *L* luidsprekers (350 stuks). P_c aftastmachine met 15-sporige magnetische band, waarop de stuursignalen met verschillende frequenties geregistreerd staan. A_2 selectieve stuursignaalversterkers (180 stuks); deze besturen deels de luidsprekerrelais *Re*, deels de groepen servomotoren S_1 en S_2. De motoren S_1 veranderen de faze van de ontsteekimpulsen voor de thyratrons in de regelaars *Th* (30 stuks), waarmee de lichtstroom van de lampen *La* wordt gevarieerd. De servomotoren S_2 draaien de schijven *D* met diapositieven of kleurfilters.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vanwaaruit de (dubbel uitgevoerde) installatie wordt bediend, ziet men in *fig. 8*.

Op elk van de 15 sporen van de stuurband kunnen twaalf commandosignalen worden geregistreerd, elk met een vaste amplitude en een vaste, van signaal tot signaal verschillende frequentie. Men beschikt dus over $15 \times 12 = 180$ stuurkanalen. De laagste frequentie is 900 Hz (deze vrij hoge waarde is gekozen omdat men dan zeker geen storing door brom behoeft te vrezen) en de hoogste is 10 500 Hz; naburige frequenties verhouden zich als 1 : 1,25. Elk van de 15 weergeefkoppen levert een superpositie van twaalf signalen, welke in haar componenten wordt gesplitst door middel van selectieve versterkers. Deze bestaan uit twee versterkertrappen die over een afgestemde kring met elkaar zijn gekoppeld, en een relais. Het relais komt alleen op wanneer aan de ingang van de eerste trap een signaal aanwezig is met de frequentie waarop de kring is afgestemd. *Fig. 9* toont één van de rekken waarop 48 van deze 180 selectieve versterkers zijn ondergebracht.

Bepaalde stuurkanalen zijn gereserveerd voor de lichteffecten. Via sommige van deze kanalen kunnen servomotoren in werking worden gesteld die het gewenste kleurfilter of diapositief vóór de lens van de projectielantaarns draaien. Andere kanalen besturen de thyratrons die de lichtstroom van bepaalde lichtbronnen regelen [2]). Ook dit gebeurt door tussenkomst van servomotoren. Deze draaien in dit geval potentiometers, die de stuurgelijkstroom van transductors variëren; als gevolg daarvan zullen de spanningsimpulsen die de thyratrons ontsteken, in faze verschuiven, zodat de gemiddelde stroom die deze buizen doorlaten, eveneens verandert. Twee thyratrons in antiparallelschakeling bevinden zich in serie met de te regelen lichtbron. Er zijn 30 van deze thyratronregelaars aanwezig.

Fig. 8. De twee identieke bedieningslessenaars van de installatie voor het „Elektronisch Gedicht".

De overige stuurkanalen dienen voor de geluidseffecten. Zij zorgen ervoor dat op ieder ogenblik alleen de gewenste luidsprekers zijn ingeschakeld. Het groepsgewijs bij- en afschakelen van luidsprekers geschiedt door middel van relais (*Re* in fig. 7). *Fig. 10a* geeft een beeld van de relaiskast. In fig. 10*b* ziet men deze kast geopend. Het schuine paneel onderin omvat twee contactenvelden; op het ene veld komen de uitgangen van de eindversterkers uit, op het andere de luidsprekers. Verbindingen tussen willekeurige luidsprekers en willekeurige versterkers (maximaal 12 luidsprekers op één versterker) worden tot stand gebracht of verbroken door middel van de relais. Deze krijgen hun be-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

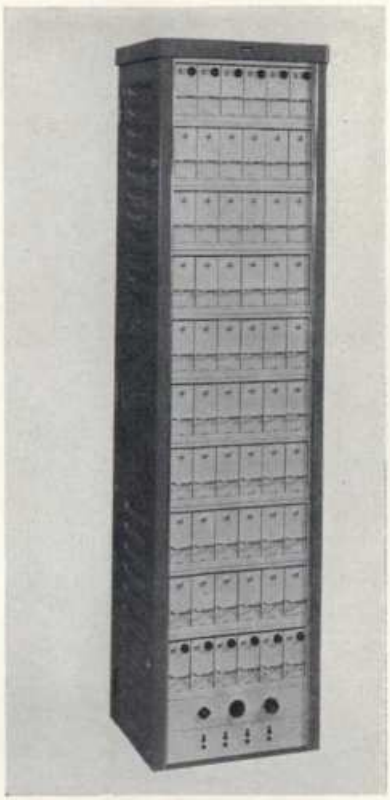
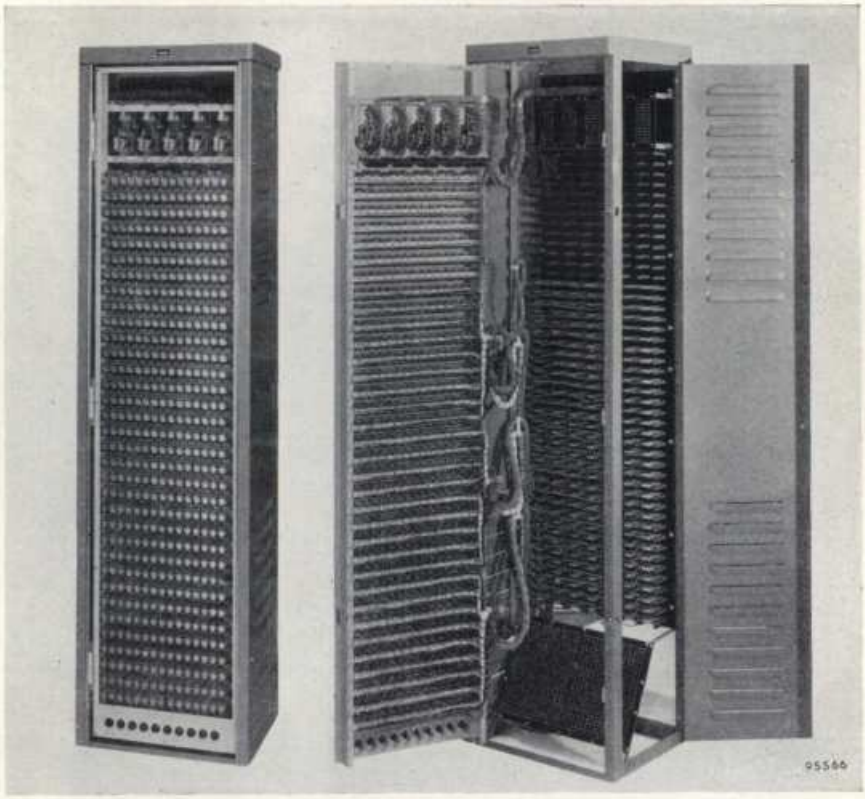


Fig. 9. Rek met 48 van de 180 selectieve stuursignaalversterkers.



a *b*

Fig. 10. Kast met luidsprekerrelais (*Re* in fig. 7), *a*) gesloten, *b*) geopend. In (*b*) ziet men rechts beneden de contactenvelden waarop de luidsprekers en de uitgangen van de eindversterkers uitkomen. In *(a)* en *(b)* zijn bovenaan de vijf telefoonkiezers voor de geluidsroutes zichtbaar.

krachtigingsstroom via de contacten van de relais in de selectieve stuursignaalversterkers.

Het aanzienlijke aantal relais dat voor dit alles nodig is, had nog veel groter moeten zijn als niet gebruik was gemaakt van een schakeling met ventielen. *Fig. 11* geeft het principe daarvan weer voor drie relais, maar de schakeling kan worden ingericht voor ieder aantal. Stel, men wenst van de relais A, B en C nu eens alleen A, dan weer A en B, en soms ook A, B en C te bekrachtigen. Het eerste bereikt men door het punt *1* op een bepaalde positieve spanning te brengen; A komt dan op, en de ventielen V_1 en V_3 verhinderen dat B en C stroom krijgen. Om A en B te bekrachtigen, brengt men punt *2* op een positieve spanning; de ventielen V_3 en V_4 voorkomen dat relais C bekrachtigd wordt. Wil men alle drie relais doen opkomen, dan geeft men aan punt *3* een positieve spanning. Zonder de ventielen zou men extrarelais nodig hebben, waarvan de contacten al of niet verbindingen tussen de spoelen van A, B en C tot stand brengen.

Boven was al sprake van de geluidsroutes, waarmee men de geluidsbron zich kan laten verplaatsen. Dit effect wordt teweeggebracht door b.v. eerst alleen de luidsprekers $L_{121}...L_{125}$ (willekeurige nummering) in te schakelen, een ogenblik later $L_{122}...L_{126}$, dan $L_{123}...L_{127}$, enz., en te eindigen met b.v. $L_{141}...L_{145}$ (*fig. 12*). Dit overschakelen gebeurt in een vlug tempo met behulp van telefoonkiezers (T in fig. 12). Deze worden bestuurd door signalen op de stuurband die uit korte stoten bestaan,

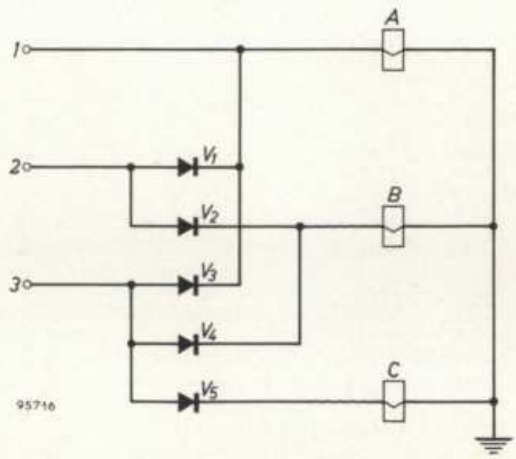


Fig. 11. Schakeling met drie relais A, B en C en ventielen V_1... V_5. Zet men een positieve spanning op punt *1*, *2* of *3*, dan worden resp. het relais A, de relais A en B, of de relais A, B en C bekrachtigd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

met een herhalingsfrequentie van max. 10 per seconde. Boven in fig. 10*a* en *b* zijn de kiezers zichtbaar.

Is de betrokken groep luidsprekers er een die rondom in de zaal is aangebracht, en laat men de kiezers enige malen ronddraaien, dan ontstaat „rondlopend geluid". Speciale stuursignalen zorgen ervoor dat de kiezers, nadat een geluidsroute heeft gewerkt, in de beginstand terugkeren.

Fig. 13 toont een schematische voorstelling van het geluid en de bijbehorende stuursignalen. Onderaan is aangegeven welke geluiden in het afgebeelde tijdsinterval op de drie sporen geregistreerd staan; daarboven ziet men welke stuursignalen nodig zijn om deze geluiden over de gewenste luidsprekers weer te geven. Enkele van deze signalen zijn in het onderschrift toegelicht; een volledige verklaring zou hier te ver voeren.

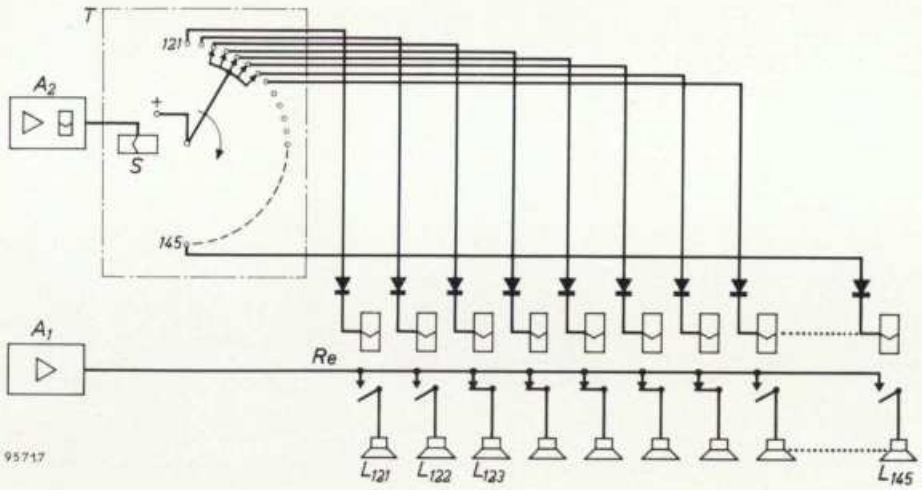


Fig. 12. Schema van een geluidsroute, gevormd door de luidsprekers $L_{121}...L_{145}$, die via de relais *Re* worden gevoed uit één van de eindversterkers A_1. De spoel *S* van een telefoonkiezer *T* wordt bekrachtigd met impulsen uit één van de stuursignaalversterkers A_2 (vgl. fig. 7). Er werken steeds vijf luidsprekers tegelijk. Bij elke stap van de kiezer wordt er één luidspreker bij- en één afgeschakeld.

De duur van het „Elektronisch Gedicht" is acht minuten. Iedere voorstelling wordt voorafgegaan door het projecteren van een inleidende tekst in het Engels, Frans en Nederlands; duur twee minuten. Er worden ca. 20 voorstellingen per dag gegeven

Fig. 13. Schematische voorstelling van de geregistreerde geluiden in het tijdsinterval van 2 min 05 sec tot 2 min 35 sec, met de bijbehorende stuursignalen.

Onderaan is aangeduid wat op de drie geluidssporen (*I*, *II* en *III*) geregistreerd staat. Daarboven zijn in vijf stroken de signalen getekend die op de sporen *7*, *8*, *9*, *10* en *11* van de stuurband aanwezig zijn. De twaalf frequentiekanalen van elk stuurspoor zijn gemerkt *a* ... *l*.

Om b.v. het op spoor *I* geregistreerde geluid „tja-tju" weer te geven over luidsprekergroep *A*, verschijnt in kanaal *8g* een stuursignaal dat de genoemde luidsprekergroep tijdig in- en weer uitschakelt. Evenzo zorgt een stuursignaal in kanaal *9j* ervoor dat de beide percussiegeluiden van spoor *II* worden weergegeven over luidsprekergroep *U*.

Het als „whistle finger" betitelde geluid van spoor *I* moet worden weergegeven door de luidsprekers die de geluidsroute *O* vormen. Daartoe is er in de eerste plaats een stuursignaal in kanaal *9b*, dat de luidsprekergroep *O* gedurende de gewenste tijd ter beschikking stelt. Regel is dat deze groep geluid van spoor *II* weergeeft. Het geluid „whistle finger" staat echter op spoor *I*, zodat er een stuursignaal nodig is dat de ingang van de versterker van luidsprekergroep *O* tijdelijk overschakelt van spoor *II* op spoor *I*; dit signaal verschijnt in kanaal *11j*. Pas wanneer deze beide stuursignalen aanwezig zijn, begint er in kanaal *9k* een reeks van 60 impulsen (tempo 4 per seconde), die één van de telefoonkiezers (*III*) een volle omwenteling doen maken. Dit doet de geluidsroute *O* functioneren. Na afloop hiervan moet de kiezer in de beginstand terugkeren. Dit gebeurt door het signaal „*Reset k. III*" in kanaal *9a*. Om te verzekeren dat de kiezer precies in de beginstand terugkomt, ook wanneer hij tijdens het draaien enkele stappen te weinig zou hebben gemaakt, is het aantal impulsen van de reeks in kanaal *9k* wat groter gekozen dan het aantal standen van de kiezer (60 impulsen, 52 standen). De gelijktijdige aanwezigheid van het „reset"-signaal belet dat de kiezer verder dan de beginstand zou draaien.

In de kanalen *7a*, *8a*, *10a* en *11a* komen „reset"-signalen voor die resp. de kiezers *V*, *IV*, *II* en *I* in de beginstand terugbrengen.

De met *L.t. II* en *L.t. III* gemerkte stuursignalen dienen om de lagetonenluidsprekers (die één groep vormen) geluid van spoor *II* resp. van spoor *III* te laten weergeven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

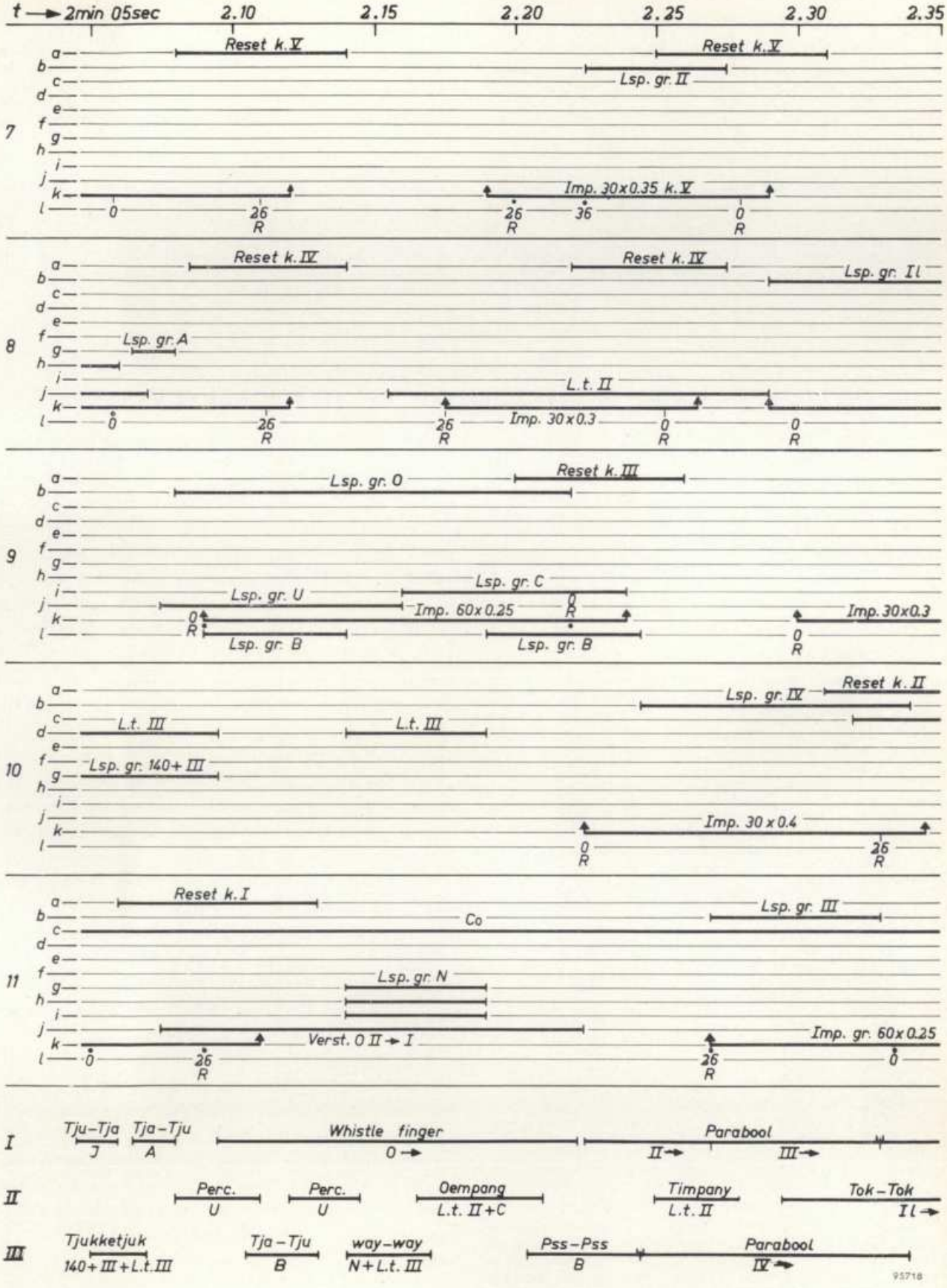


Fig. 13

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

— afwisselend over de ene en over de andere installatie —, hetgeen voor de gehele duur van de tentoonstelling neerkomt op een totaal van ettelijke duizenden.

Samenvatting. In het Philipspaviljoen op de Wereldtentoonstelling te Brussel wordt Le Corbusier's „Elektronisch Gedicht" tot uitvoering gebracht. Dit behelst een combinatie van lichteffecten en elektronische muziek, waarvoor uitgebreide technische voorzieningen nodig zijn.

De lichttechnische installatie omvat vier grote filmprojectors, acht projectielantaarns, zes bundellichten, zes ultravioletstralers, 50 gloeilampjes (die sterren verbeelden) en ruim 200 „TL" lampen in verschillende kleuren. Van al deze lichtbronnen is de lichtstroom regelbaar met behulp van 30 thyratronregelaars.

De elektro-akoestische installatie bestaat uit een speciale aftastmachine met driesporige magnetische geluidsband, waarop een compositie van Edgar Varèse is geregistreerd, 20 versterkers met 120 W uitgangsvermogen, 350 luidsprekers en een gecompliceerde schakelapparatuur met relais en telefoonkiezers.

Voor de elektronische besturing dient een tweede aftastmachine, die een magnetische band aftast waarop 15 sporen aanwezig zijn. In overeenstemming met het scenario zijn op elk spoor twaalf in frequentie verschillende stuursignalen geregistreerd, zodat er 180 stuurkanalen beschikbaar zijn voor het besturen van de licht- en de geluidseffecten. Beide aftastmachines zijn in duplo aanwezig, zowel uit een oogpunt van reserve als wegens de noodzakelijke continuïteit van de voorstellingen.

DE INVLOED VAN HET PELTIER-EFFECT BIJ HET WEERSTANDSLASSEN

537.322.15:621.791.76

Bij het beproeven van een puntlasmachine voor de vervaardiging van roosters voor radiobuizen bleek het, op het eerste gezicht verrassende, verschijnsel op te treden dat de stroomrichting een duidelijke invloed heeft op de sterkte van de las. Wij zullen in dit artikel laten zien dat men deze invloed ongedwongen kan verklaren door aan te nemen dat hier het Peltier-effect een rol speelt.

De situatie die zich voordoet, is in principe geschetst in *fig. 1*. Op een nikkeldraad (diameter 0,75 mm) wordt aan de bovenzijde en aan de onderzijde tegelijk een molybdeniumdraadje (diameter 0,1 mm) vastgelast. De lasstroom wordt geleverd door de ontlading van een condensator over de primaire spoel van de lastransformator. Als functie van de tijd vertoont deze lasstroom globaal een verloop als in *fig. 2* is getekend. De stroom vloeit in hoofdzaak in één richting, b.v. in fig. 1 van boven naar beneden [1]). Dan vloeit hij dus bij de bovenste las van molybdenium naar nikkel, en bij de onderste van nikkel naar molybdenium. Het Peltier-effect houdt in, dat bij stroomdoorgang door een contactplaats tussen twee verschillende geleiders in deze contactplaats warmte wordt ontwikkeld of geabsorbeerd, al naar de richting van de stroom. Of Peltier-warmte wordt ontwikkeld dan wel geabsorbeerd, kan men afleiden uit het gedrag van de beschouwde geleiders als deze een thermo-element vormen (zie *fig. 3* met onderschrift). Voor Ni en Mo volgt uit dit gedrag dat in fig. 1 Peltier-warmte wordt ontwikkeld bij de bovenste, en geabsorbeerd bij de onderste las. Deze Peltier-warmte wordt bij de Joule-warmte opgeteld, resp. hiervan afgetrokken. De bovenste lasplaats krijgt volgens deze redenering dus de hoogste temperatuur. Inderdaad blijkt dat, als men de stroomimpuls zo groot maakt dat de bovenste draad goed is gelast, de onderste nog niet of nauwelijks vastzit. Voert men de grootte van de stroomimpuls zover op dat de onderste draad goed wordt gelast, dan brandt meestal de bovenste draad door. Bij omgekeerde stroomrichting treden dezelfde verschijnselen op, waarbij echter de bovenste en de onderste draad van rol verwisselen.

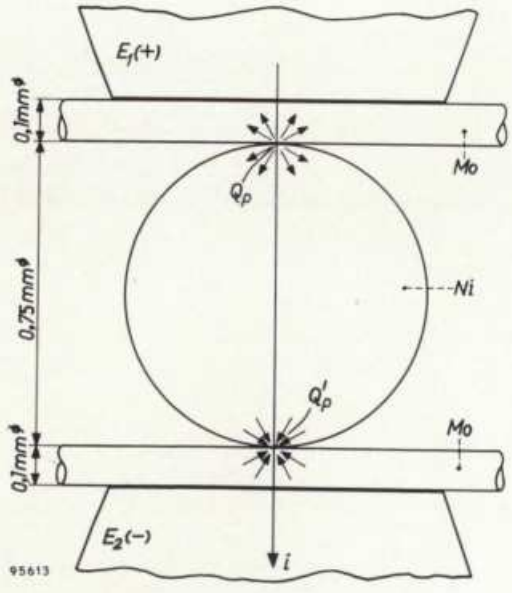


Fig. 1. Bij het puntlassen van twee molybdeniumdraadjes aan een nikkeldraad, in de getekende opstelling, wordt, als de stroom i van boven naar beneden vloeit, bij de bovenste las een Peltier-warmte Q_P ontwikkeld en bij de onderste een in het algemeen weinig hiervan verschillende warmte Q_P' geabsorbeerd. De bovenste las bereikt daardoor een hogere temperatuur dan de onderste. E_1 en E_2 zijn de elektrodes van het puntlasapparaat.

[1]) De stroomimpuls van tegengestelde richting, die op de eerste scherpe piek volgt, transporteert weliswaar evenveel elektrische lading, maar is meer gerekt en bereikt lang niet de hoogte van de eerste piek. Daarom is deze tegengestelde impuls voor het lasproces van weinig belang.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Door de stroomimpuls zeer zorgvuldig in te stellen, is het toch mogelijk gebleken boven- en onderdraad tegelijk vast te lassen. Na een gering aantal lassen is dan echter door vervuiling van de elektrodes deze impuls reeds zoveel verzwakt dat de onderdraad niet goed meer vastlast. Reinigt men dan de elektrodes, dan kan men opnieuw een aantal goede dubbele lassen maken.

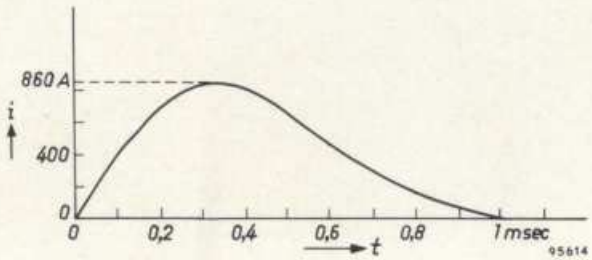


Fig. 2. De gebruikte stroomimpulsen als functie van de tijd.

In principe treedt het Peltier-effect op bij elke weerstandslas van twee verschillende materialen. Dat het effect zich in het beschreven geval zo ongewoon duidelijk manifesteert, is, behalve aan de bij de combinatie Ni-Mo relatief grote waarde ervan, vooral toe te schrijven aan de geringe diameter van het gebruikte molybdeniumdraad. Hierdoor maakt een betrekkelijk geringe vergroting van de op de lasplaats ontwikkelde warmte reeds het verschil uit tussen een niet-vastzittend en een doorgebrand draadje.

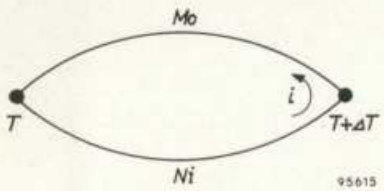


Fig. 3. In een thermo-element dat bestaat uit Ni en Mo, vloeit de stroom i bij de warme las (temperatuur $T + \Delta T$) van Ni naar Mo. Het Peltier-effect werkt het vloeien van deze stroom tegen, het verwarmt dus de koude las (temperatuur T; daar komt de warmte Q_P vrij) en koelt de warme las (daar wordt de warmte Q_P' geabsorbeerd).

We hebben reeds gewag gemaakt van de samenhang tussen de Peltier-warmte en het gedrag van een thermo-element dat bestaat uit de bij het contact betrokken materialen. We zullen deze samenhang nader beschouwen, omdat dit ons de mogelijkheid levert te voorspellen of men in een bepaald geval al dan niet een grote invloed van het Peltier-effect moet verwachten.

Onder Q_P zullen we verder verstaan de Peltier-warmte per sec, dus het Peltier-vermogen. Dit is evenredig met de stroom i door de contactplaats:

$$Q_P = P\,i. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

De evenredigheidsfactor P heet Peltier-coëfficiënt. Voor P geldt een van de zg. relaties van Thomson [2]):

$$P = T\frac{dV}{dT}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

T is de temperatuur van de contactplaats in °K. V is de thermospanning in een door de betrokken materialen gevormd thermo-element, waarvan de ene las op een constante temperatuur wordt gehouden terwijl de andere de temperatuur T heeft. In *fig. 4a* is voor enige metalen de thermospanning tegen platina uitgezet als functie van de temperatuur [3]). De thermospanning voor twee willekeurige metalen vindt men uit deze grafiek door evenwijdig met de V-as de afstand te meten tussen de krommen voor de betrokken metalen. Op dezelfde manier bepaalt men in fig. 4*b* — waar de afgeleiden naar T van de krommen uit fig. 4*a* zijn uitgezet — de waarden van dV/dT voor een willekeurige combinatie van metalen. Uit fig. 4*b* blijkt dat b.v. voor Fe-Mo aanzienlijk kleinere waarden van dV/dT optreden dan voor Ni-Mo. Als men in fig. 1 de nikkeldraad vervangt door een ijzerdraad, moet het dus gemakkelijker zijn boven- en onderdraad tegelijk goed te lassen. Dit blijkt inderdaad het geval te zijn. Ook bij Fe-Mo kan de invloed van het Peltier-effect nog geconstateerd worden: de stroomimpuls kan zo worden ingesteld dat de bovenste draad vastlast terwijl de onderste los blijft. Een geringe vergroting van de stroomimpuls is echter voldoende om beide ijzerdraadjes goed vast te lassen. Dit kan vervolgens duizenden malen worden herhaald zonder de elektrodes te reinigen en zonder dat er neiging bestaat tot doorbranden van de ene of lossprингen van de andere draad.

Het Peltier-effect is waarschijnlijk ook de oorzaak van het bij het puntlassen dikwijls waargenomen verschijnsel dat de ene laselektrode sneller inbrandt en aanhecht (d.w.z. dat koper van de elektrode overgaat op het werkstuk, of materiaal van het werkstuk op de elektrode) dan de andere. Hess

---

[2]) Zie b.v. R. Kronig, Leerboek der natuurkunde, Scheltema & Holkema, Amsterdam 1954, blz. 576-579. Een afleiding van de relaties van Thomson waarbij irreversibele processen in rekening worden gebracht, vindt men bij R. C. Tolman en P. C. Fine, On the irreversible production of entropy, Rev. mod. Phys. **20**, 51-77, 1948, speciaal blz. 70-72.

[3]) De krommen zijn getekend naar tabellen van W. F. Roeser en H. T. Wensel in: Temperature, Verslag van een symposium gehouden te New York in 1939, Reinhold, New York 1941, blz. 1309-1310.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

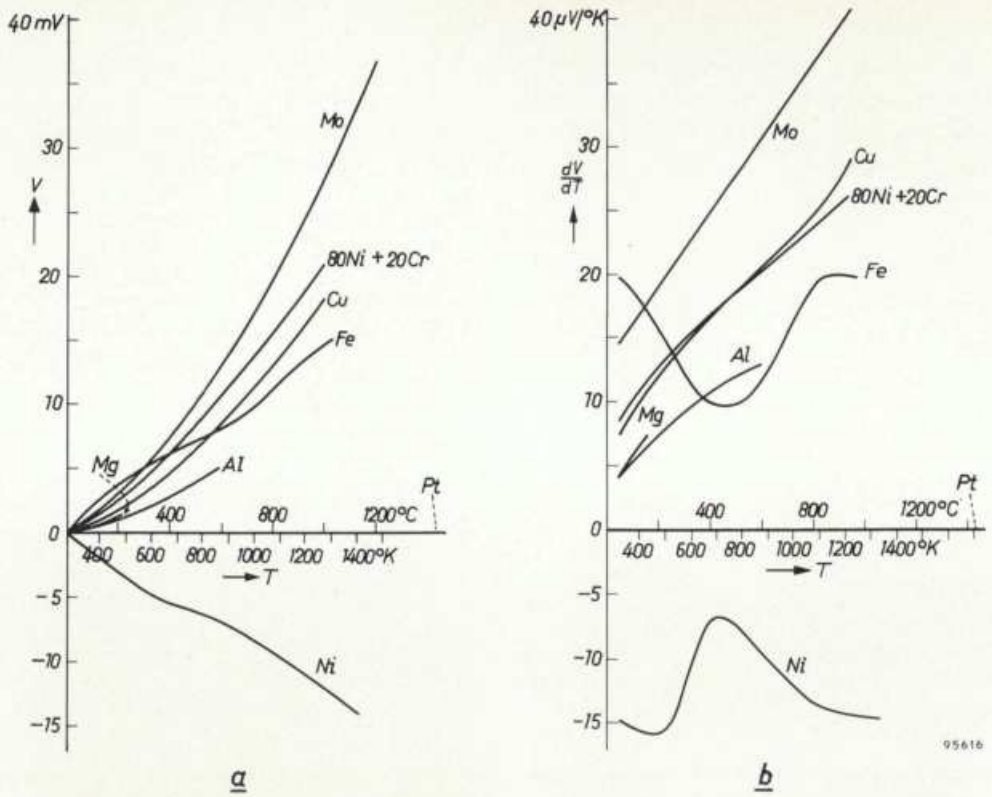


Fig. 4. *a*) Thermospanningen V van enige metalen ten opzichte van platina, als functie van de temperatuur T van een der lassen. De andere las bevindt zich op 273 °K (0 °C). Een positief teken wil zeggen dat bij de las op 273 °K de stroom van het metaal naar het platina vloeit [3]).
b) De waarden van dV/dT als functie van T, afgeleid uit de krommen in (*a*). Een contactplaats wordt als gevolg van het Peltier-effect verwarmd als de stroom vloeit van het metaal met de grotere naar het metaal met de kleinere waarde van dV/dT.

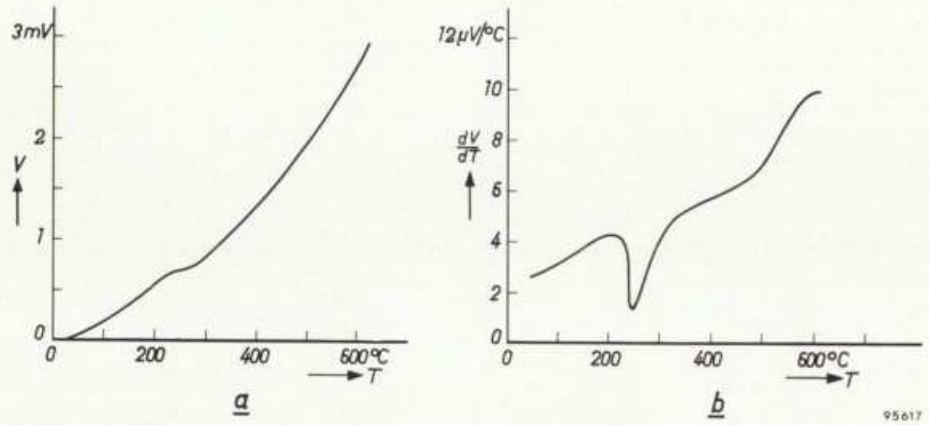


Fig. 5. Thermospanning V van koper ten opzichte van een legering van Mg met 1,5% Mn (*a*), en de afgeleide van deze kromme naar de temperatuur (*b*), beide als functie van de temperatuur.

e.a. publiceerden in 1947 een uitvoerig onderzoek naar dit verschijnsel bij het puntlassen van platen van magnesiumlegeringen [4]). Deze lassen zijn namelijk van veel belang in de vliegtuigbouw. Zij constateerden dat bij het lassen met stroomimpulsen die in hoofdzaak in één richting vloeien, de positieve elektrode het meest te lijden heeft. Als het Peltier-effect hiervan de oorzaak is, moet dit effect bij de positieve elektrode een extraverwarming opleveren en bij de negatieve elektrode een koeling. Om dit te controleren, is de thermospanning gemeten van een der legeringen die door de genoemde onderzoekers is gebruikt (*fig. 5*). Hieruit blijkt dat inderdaad de positieve elektrode de hoogste temperatuur krijgt (*fig. 6*).

[4]) W. F. Hess, T. B. Cameron en R. A. Wyant, Observations of electrode tip pickup and tip life in the spot welding of magnesium alloy sheet, Welding Journal **26**, 433s - 422s en 484s, 1947.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De boven besproken waarnemingen en overwegingen zijn aanleiding geweest tot het instellen van een vollediger experimenteel en theoretisch onderzoek naar de invloed van het Peltier-effect bij het weerstandslassen. Dit onderzoek is uitgevoerd in het Philipslaboratorium te Aken [5]). Van dit onderzoek is de foto van *fig. 7* afkomstig. De foto toont duidelijk de asymmetrie die optreedt bij het maken van een dubbele las in een opstelling als in fig. 1 indien de materialencombinatie een groot Peltier-effect bezit.

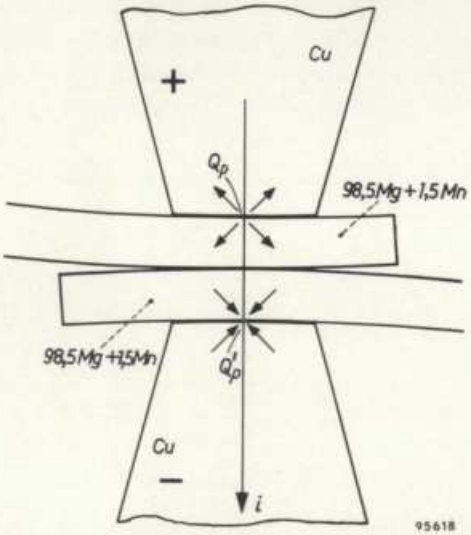


Fig. 6. Het Peltier-effect verklaart waarschijnlijk grotendeels het verschijnsel dat bij het puntlassen dikwijls de ene elektrode sneller slijt dan de andere. Bij het lassen van Mg- of Al-platen zal volgens fig. 5*b* de positieve elektrode het heetst worden en dus het snelst slijten [4]).

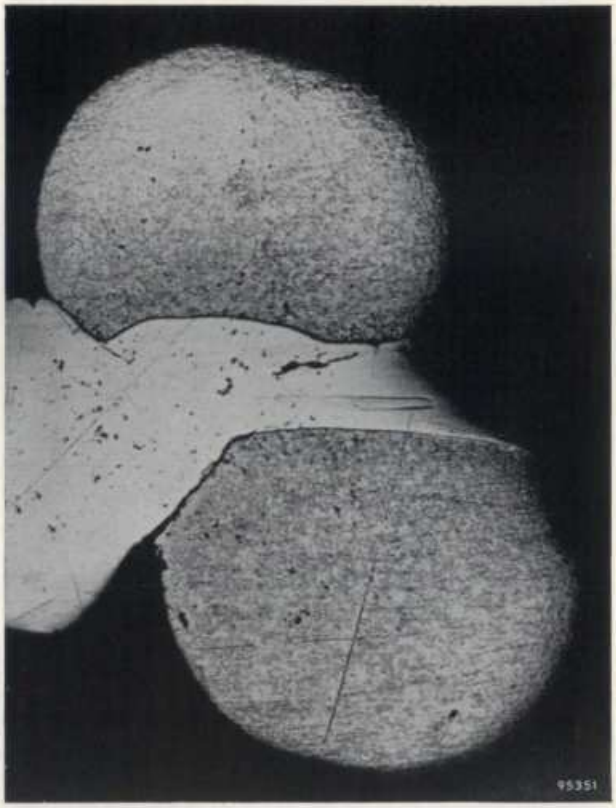


Fig. 7. Doorsnede van een las van twee Ni-draden op een Ni-Cr-draad. Stroomrichting van boven naar beneden. In overeenstemming met fig. 4*b* is de onderste las verder ingebrand dan de bovenste. Diameter der draadjes 0,5 mm. De foto werd ons ter beschikking gesteld door S. Scholz van het Philipslaboratorium te Aken.

Energie betrokken bij het Peltier-effect

Wij willen nog een theoretische schatting maken van de energie die gedurende het lasproces in de vorm van Peltier-warmte vrijkomt (of wordt geabsorbeerd). Deze energie kunnen we dan vergelijken met de totale energie die voor het maken van een las wordt gebruikt.

De Peltier-warmte wordt gegeven door

$$\int i \times T \frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}T} \mathrm{d}t,$$

waarbij geïntegreerd moet worden over de duur van het lasproces. i is bekend als functie van de tijd t (fig. 2). Voor de combinatie Ni-Mo is $\mathrm{d}V/\mathrm{d}T$ als functie van T uitgezet in *fig. 8* (de kromme is afgeleid uit fig. 4*b*). In fig. 8 is tevens $T(\mathrm{d}V/\mathrm{d}T)$ als functie van T uitgezet. We nemen vervolgens aan dat de temperatuur T van de lasplaats, als functie van de tijd t, het in *fig. 9* geschetste verloop vertoont. Hierbij is geschat dat de maximale temperatuur ca. 100 °K beneden het smeltpunt van Ni (ca. 1700 °K) blijft. Door gebruik te maken van fig. 8, kan men nu ook de Peltier-coëfficiënt $P = T(\mathrm{d}V/\mathrm{d}T)$ als functie van t uitzetten, en vervolgens ook het

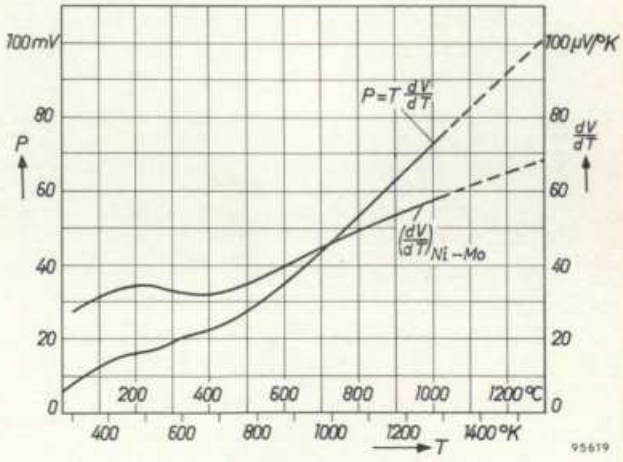


Fig. 8. $\mathrm{d}V/\mathrm{d}T$ voor de combinatie Ni-Mo als functie van T (afgeleid uit fig. 4*b*) en $T(\mathrm{d}V/\mathrm{d}T)$ als functie van T.

[5]) Over dit onderzoek verschijnt binnenkort elders een publikatie van de hand van S. Scholz.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Peltier-vermogen $Q_p = P \times i$. Dit is in fig. 9 gedaan. De oppervlakte onder de laatste kromme levert de totale Peltier-warmte. We vinden hiervoor $4{,}2 \times 10^{-2}$ joule. De condensator die de lasenergie

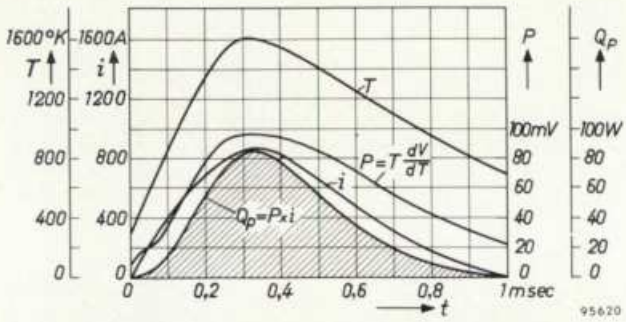


Fig. 9. Ter berekening van de Peltier-warmte die bij een las tussen Ni en Mo optreedt, is aangenomen dat de temperatuur van de lasplaats T als functie van de tijd t het getekende verloop vertoont. Tevens zijn de lasstroom i, de Peltier-coëfficiënt $P = T(\mathrm{d}V/\mathrm{d}T)$ en het Peltier-vermogen $Q_P = P \times i$ als functie van t uitgezet.

bevat, heeft een capaciteit C van $6{,}7 \times 10^{-6}$ farad, en wordt geladen tot een spanning V_C van 980 volt. De energie die bij de ontlading beschikbaar komt, is $\frac{1}{2}CV_C^2 = 3{,}2$ joule. Schatten we dat hiervan de helft in de directe omgeving van de beide lassen nuttige warmte oplevert, dan is per las 0,8 joule beschikbaar. De berekende Peltier-warmte bedraagt ca. 5% van dit bedrag. De hoeveelheden warmte die voor de ene en voor de andere las beschikbaar zijn, verschillen dus 10%. Het is dus aannemelijk dat het Peltier-effect een merkbaar verschil tussen de twee lassen teweegbrengt.

Het Thomson-effect

Ten slotte nog een opmerking over het Thomson-effect. Dit effect houdt in, dat als een stroom i vloeit door een draad waarin een temperatuurgradiënt heerst, naast de Joule-warmte, nog de zg. Thomson-warmte wordt ontwikkeld of geabsorbeerd, al naar de richting van de stroom. Voor de per sec in een element $\mathrm{d}x$ van de beschouwde draad ontwikkelde (geabsorbeerde) Thomson-warmte geldt [2]):

$$\mathrm{d}Q_{\mathrm{Th}} = \sigma\, i \frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x}\,\mathrm{d}x. \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

De evenredigheidsfactor σ heet Thomson-coëfficiënt; deze hangt af van het materiaal van de draad en van de temperatuur.

In ons geval zullen in de molybdeniumdraadjes tussen de lasplaatsen en de laselektrodes grote temperatuurgradiënten optreden. De vraag is dus gerechtvaardigd of wellicht ook het Thomson-effect een merkbare invloed heeft. Thomson-coëfficiënten zijn voor enige metalen, waaronder Mo, door Lander [6]) gemeten als functie van de temperatuur (zie *fig. 10*). Om iets te kunnen zeggen over de invloed van het Thomson-effect, nemen we aan dat op het ogenblik dat de lasplaats de hoogste temperatuur bereikt (1600 °K), de temperatuur bij de elektrode 600 °K is. Bovendien nemen we aan dat de temperatuur in een Mo-draadje van lasplaats naar elektrode lineair verloopt. Aan de zijde van de lasplaats is dan in een Mo-draadje de Thomson-coëfficiënt negatief. Een eenvoudige berekening leert dat in dit gedeelte van een Mo-draadje het Thomson-vermogen Q_{Th} op het beschouwde ogenblik ca. 5 watt bedraagt. Het Peltier-vermogen Q_p bedraagt dan volgens fig. 9 ca. 80 watt, zodat

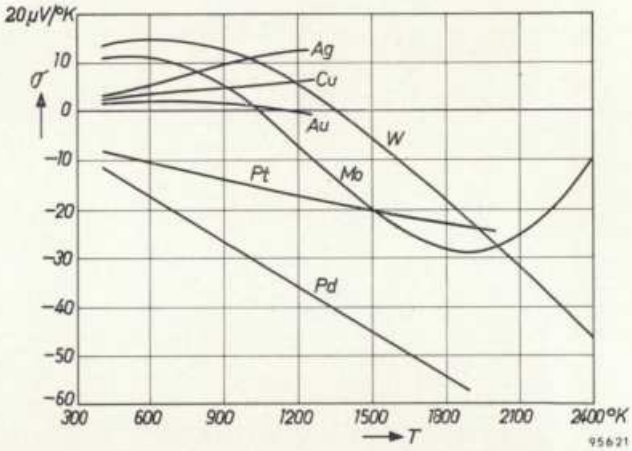


Fig. 10. Thomson-coëfficiënten σ voor enige metalen als functie van de temperatuur, volgens Lander [6]). Een positieve waarde van σ betekent dat warmte wordt ontwikkeld als de temperatuurgradiënt en de elektrische stroom tegengestelde richtingen hebben.

het Thomson-vermogen geen rol van betekenis speelt. Last men dikkere draden, dan zal het Thomson-effect een geringere invloed hebben, daar de Thomson-warmte dan nog minder bij de lasplaats is geconcentreerd.

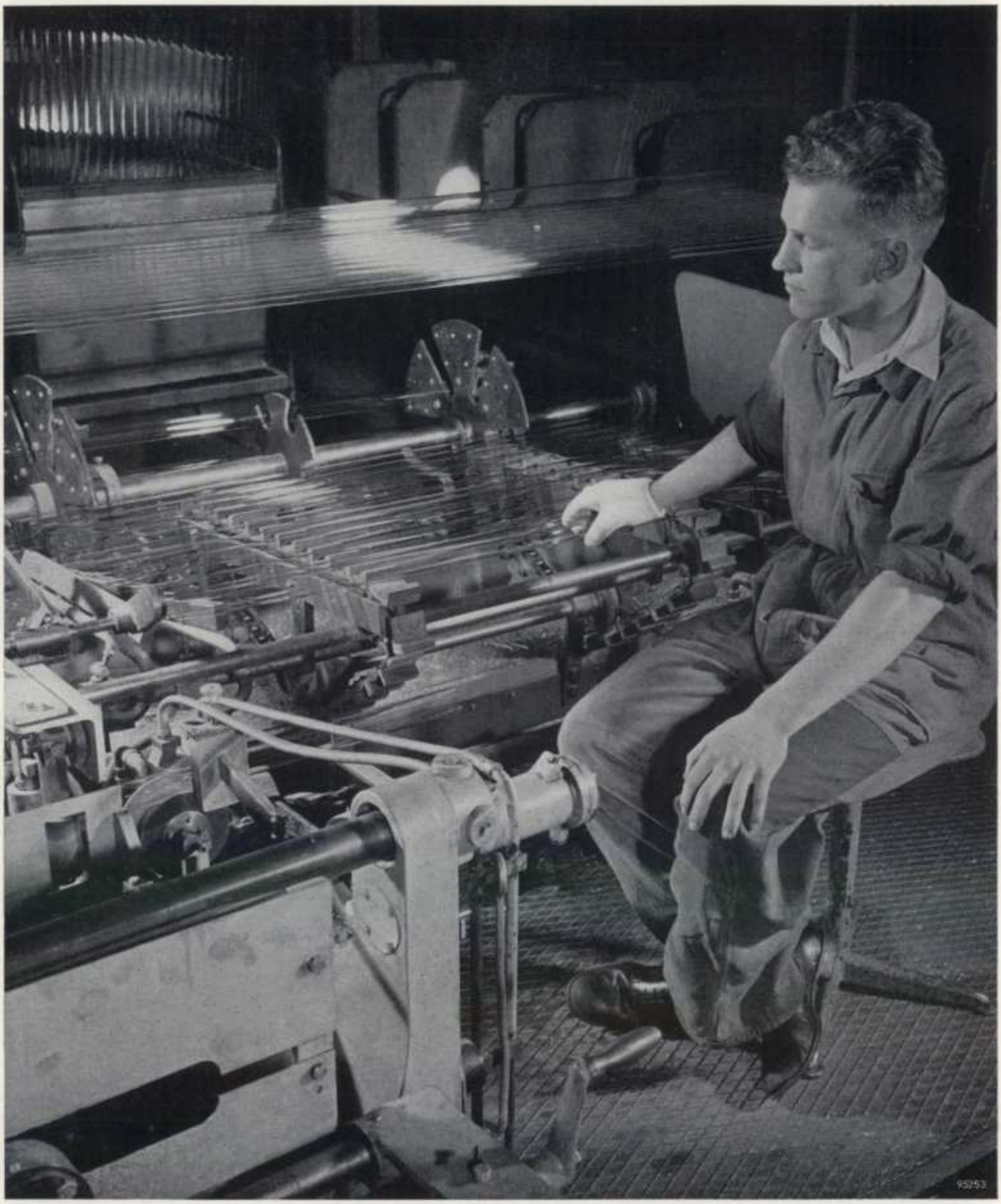
T. C. BALDER.

[6]) J. J. Lander, Measurements of Thomson coefficients for metals at high temperatures and of Peltier coefficients for solid-liquid interfaces of metals, Phys. Rev. **74**, 479-488, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info
11/14/2023

HET MACHINAAL NAAR DIAMETER SORTEREN VAN BUISGLAS



De hier afgebeelde machine in Philips' Glasfabriek te Roosendaal bevindt zich aan het eind van een buisglastrekbaan. Het buisglas wordt op de voorgrond van links aangevoerd en machinaal in stukken van een bepaalde lengte verdeeld. Op de foto ziet men de transportband die deze stukken naar achteren voert, waar draaiende schijven met sleuven ze sorteren naar diameter. Het buisglas dient voor de fabricage van „TL" lampen.

Digitized in Heiloo the Netherlands
Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN SNELLE METHODE VOOR HET LEZEN VAN MAGNEETRINGGEHEUGENS

door H. J. HEIJN en N. C. de TROYE. 621.318.42:621.374.32:681.142

Bij de werking van een magneetringgeheugen kan men de volgende drie operaties onderscheiden: lezen van geselecteerde ringen, opslaan van de verkregen signalen in een bufferregister, en herstel in het geheugen van de informatie, die bij het lezen eruit genomen wordt. Vooral bij geheugens voor elektronische rekenmachines moeten deze operaties met grote snelheid worden uitgevoerd. De tendentie bestaat om hierbij gebruik te maken van transistors. Dit artikel bevat, behalve een uiteenzetting van de werking van magneetringgeheugens, een beschrijving van een drietal nieuwe detailschakelingen. Bij één hiervan wordt gebruik gemaakt van transistors als tussentijdse geheugenelementen, om eenvoudige uitgangsversterkers te verkrijgen. Bij de tweede wordt een transistor gebruikt als schakelaar, om te voorkomen dat parasitaire spanningsimpulsen de uitgangsversterkers blokkeren; hierdoor wordt de tijd waarin de genoemde drie operaties geschieden — de zg. cyclustijd — aanzienlijk verkort. De laatste schakeling dient ter stabilisering van de stroomimpulsen die voor het lezen van de ringen en bij het herstel van de informatie nodig zijn. De werking van deze schakeling berust op de verzadiging van een ferrietring.

Philips levert sedert enige tijd losse en, meer of minder ingewikkelde, samengestelde onderdelen aan fabrikanten van elektronische rekenmachines. In verband hiermee worden onderzoekingen verricht o.a. aan geheugensystemen die gebruik maken van magnetische materialen met rechthoekige hysteresislus [1]). Dit artikel is gewijd aan een dergelijk systeem, dat in gebruik is in een experimentele rekenmachine die in het Natuurkundig Laboratorium te Eindhoven is gebouwd en aldaar dienst doet.

Een geheugen is een inrichting waarmee getallen — of andere soorten informatie — kunnen worden vastgehouden en opnieuw te voorschijn gebracht op een zeker commando. Men vindt ze b.v. bij:

1) Vertaalmachines. Deze machines kunnen een toegevoerde tekst vertalen van één taal in een andere. De machines „lezen" een aantal woorden en zoeken in een geheugen de bijbehorende vertaling onder inachtneming van de regels der grammatica.

2) Automatische telefooncentrales. Deze moeten de kortste verbinding tot stand brengen tussen twee abonnees. Dit kost enige tijd en in deze tijd moeten de gegevens van de te verbinden abonnees worden vastgehouden.

3) Automatische draaibanken. Een werkman maakt een modelwerkstuk, terwijl de bank aan een geheugeninrichting gekoppeld is. Alle handelingen tijdens de bewerking worden vastgelegd in dit geheugen, dat vervolgens kan worden gebruikt om andere draaibanken te besturen, die het werkstuk reproduceren.

4) Elektronische rekenmachines. Deze machines zijn in staat om automatisch grote aantallen berekeningen uit te voeren. De voorgeschreven volgorde van de berekeningen, de gegevens en de tussenresultaten worden daarbij opgetekend in een geheugen. Het is duidelijk dat in sommige gevallen deze geheugens zeer ingewikkeld zullen zijn.

Het tweetallige stelsel

Getallen leggen we in het dagelijkse leven vast in het tientallige stelsel. Zoals uit de naam blijkt, is „tien" het grondtal van dit stelsel, d.w.z. dat we gebruik maken van tien verschillende cijfers, nl. 0 tot en met 9. In een geheugen prefereert men echter het tweetallige of binaire stelsel, waarbij dus slechts twee cijfers worden gebruikt, nl. „0" en „1". Deze keuze willen we kort toelichten.

Om uiteen te zetten hoe men in een willekeurig talstelsel een getal voorstelt, is het nuttig onderscheid te maken tussen het getalsymbool — waaronder we de combinatie van cijfers bedoelen —, en de getalwaarde — het aantal eenheden dat door het getal wordt voorgesteld. De getalwaarde volgt uit het getalsymbool doordat aan iedere plaats in het getalsymbool een bepaald gewicht is toegekend dat een macht is van het grondtal. Een voorbeeld zal dit duidelijk maken. Van het getal dat in het tweetallige stelsel wordt voorgesteld door het getalsymbool 11101, is de in het 10-tallige stelsel uitgedrukte getalwaarde: $1\times2^0 + 0\times2^1 + 1\times2^2 + 1\times2^3 + 1\times2^4 = 29$. (De cijfers zijn genoemd in de volgorde van rechts naar links.)

Een getal kan in het tweetallige stelsel worden voorgesteld door een aantal in een rij geplaatste gelijksoortige elementen die elk in twee duidelijk

[1]) Zie b.v. H. P. J. Wijn, E. W. Gorter, C. J. Esveldt en P. Geldermans, Voorwaarden voor een rechthoekige hysteresislus bij ferrieten, Philips techn. T. **16**, 124-133, 1954.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

onderscheidbare toestanden kunnen voorkomen: één dezer toestanden identificeert men met het cijfer „0", de andere met het cijfer „1". Om hetzelfde te doen in een ander talstelsel, b.v. het 10-tallige stelsel of het 60-tallige, moet men beschikken over elementen die in 10 resp. 60 duidelijk onderscheidbare toestanden voorkomen. Is de eis gesteld dat men getalwaarden tot een gegeven grootte moet kunnen voorstellen, dan komt men met minder elementen uit naarmate men het grondtal groter kiest. De gecompliceerdheid van de te gebruiken elementen neemt dan echter toe. Om een indruk te krijgen of men het grondtal groot of klein moet kiezen, kan men het produkt van het aantal elementen en het aantal toestanden per element opvatten als een aanwijzing voor de gecompliceerdheid van het totale systeem van representatie. Het blijkt dat dit produkt minimaal is als men het getal e (= 2,718 . . .) als grondtal kiest [2]). Het dichtstbijgelegen gehele getal is 3. Ook het getal 2 ligt er echter dicht bij, en wij kennen bovendien vele eenvoudige elementen die, afgezien van overgangstoestanden, slechts in twee toestanden kunnen voorkomen. Voorbeelden zijn: een gloeilamp is aan of uit; een relaiscontact is open of gesloten; een elektronenbuis is geleidend of niet-geleidend. Om deze twee redenen is voor geheugens het grondtal 2 vrijwel het enige dat wordt gebruikt.

Vaak noemt men een cijfer in een binair getal een „bit". Dit woord is een samentrekking van de Engelse uitdrukking „binary digit". Onder de capaciteit van het geheugen verstaat men het aantal bits waarvoor er plaats is.

Enige soorten geheugens

In het laatste tiental jaren is het aantal soorten geheugens snel toegenomen. Het valt buiten het kader van dit artikel ze alle te bespreken, maar enkele ervan willen we toch noemen alvorens uitvoeriger in te gaan op de magneetringgeheugens.

De ponskaart

Ponskaarten kunnen als geheugenelementen beschouwd worden omdat men bits kan vastleggen door op bepaalde plaatsen wel of niet een gaatje te ponsen. Het is een der weinige geheugens die al vóór de laatste oorlog bestonden. Een volledig geheugen bestaat uit een stapel kaarten en een machine om ze te lezen. De capaciteit van het geheugen kan hierbij willekeurig vergroot worden door de stapel groter te nemen. Om echter gegevens uit een bepaalde kaart ter beschikking te krijgen, moet het leesorgaan de kaarten van de stapel stuk voor stuk afwerken tot de gewenste kaart is gevonden. De informatie die in een willekeurige kaart is aangebracht, is dus niet onmiddellijk toegankelijk, maar slechts na een zekere, variabele, zoektijd of wachttijd.

[2]) Zie b.v. R. K. Richards, Arithmetic operations in digital computers, D. van Nostrand, New York 1955, blz. 7.

De magnetische trommel

Tijdens de oorlog is het gebruik van een magnetische trommel als geheugen naar voren gekomen. De trommel bestaat uit een cilinder die met een constante snelheid wentelt om zijn as en waarvan de omtrek bekleed is met een magnetiseerbaar laagje. Langs de omtrek is een reeks magnetische koppen aangebracht, waarmee men, net als bij magnetische geluidsregistratie, het magnetiseerbare laagje plaatselijk kan magnetiseren. Het cilinderoppervlak is verdeeld in een groot aantal elementen, gekenmerkt door het nummer van de kop waar zij onderdoor draaien en door een systeem van genummerde beschrijvende lijnen (*fig. 1*). Een oppervlakelement

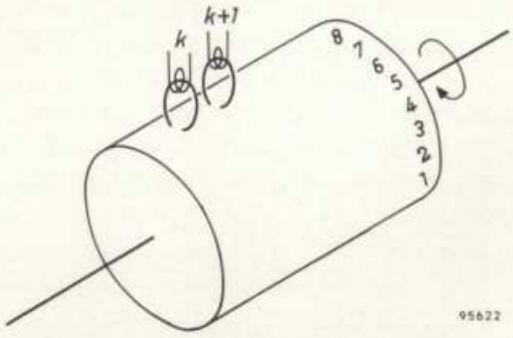


Fig. 1. Schematische opstelling der magnetische koppen bij een geheugen dat bestaat uit een trommel met een magnetiseerbare oppervlaklaag. De positie van een oppervlakelement dat plaats biedt voor één „bit", wordt vastgelegd door het nummer van de magnetische kop, $k, k+1, \ldots$ waar dit oppervlakelement onderdoor draait, en door het nummer van de beschrijvende lijn waarop het element ligt.

wordt gemagnetiseerd in de richting van de omtreksnelheid of tegengesteld hieraan. De ene richting betekent „0", de andere „1". Ieder oppervlakelement biedt dus plaats voor 1 bit. De koppen doen zowel dienst bij het registreren (schrijven) van de informatie als bij het detecteren (lezen) ervan.

Men kan de verschillende bits van een zelfde getal op dezelfde beschrijvende van de trommel plaatsen en gelijktijdig schrijven of lezen met alle koppen. Dit noemt men parallelgebruik. Een andere mogelijkheid is de bits van een getal zo te plaatsen dat zij in successie onder één en dezelfde kop passeren. Men noemt dit lezen en schrijven in serie.

De wachttijd van trommelgeheugens is gemiddeld gelijk aan een halve omwentelingstijd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De in een ponskaarten- of in een magnetisch trommelgeheugen opgeslagen informatie is onbeperkt houdbaar, zonder dat hiervoor bijzondere voorzieningen worden getroffen. Dit is een voordeel boven de thans kort te bespreken vertragingslijnen en elektrostatische geheugens. Ook wordt de informatie in een ponskaarten- of in een magnetisch trommelgeheugen er door het lezen niet uit verwijderd. Dit onderscheidt ze in gunstige zin van de magneetringgeheugens.

De vertragingslijn

Het principe van een geheugen dat bestaat uit een vertragingslijn, is zeer eenvoudig. De informatie wordt in de vorm van een reeks impulsen in serie aan een dergelijke lijn toegevoerd. De impulsen doorlopen de lijn met een zekere snelheid, worden aan het einde van de lijn afgenomen en weer aan het begin daarvan toegevoerd via een versterker die de oorspronkelijke vorm en sterkte van de impulsen herstelt (regenereert). In het geval van een elektrische vertragingslijn gebruikt men stroomimpulsen. Men kan echter ook een elastisch medium toepassen, waarin de informatie zich voortbeweegt als akoestische golven (drukimpulsen). Zo'n vertragingslijn bestaat vaak uit een kwikkolom. De maximale wachttijd wordt in dit geval bepaald door de lengte van de kolom en de voortplantingssnelheid van geluid in kwik.

Een bezwaar dat alle vertragingslijnen aankleeft, is dat de regeneratie van de impulsen ingewikkelde apparaturen vereist.

Het systeem Williams

Het systeem Williams is een van de bekendste voorbeelden van een groep geheugens waarin de informatie bewaard wordt in de vorm van elektrische ladingen (elektrostatische geheugens). In dit geheugen wordt het scherm van een gewone katodestraalbuis verdeeld in een aantal gebiedjes. Op elk van deze gebiedjes kan beurtelings de elektronenbundel gericht worden, waarmee men een bit kan schrijven door het al of niet opbrengen van een elektrische lading.

Evenals vertragingslijnen, moeten elektrostatische geheugens voorzien zijn van een regeneratieapparatuur, omdat anders de informatie zou weglekken.

Magneetringgeheugens

In de laatste jaren zijn geheugensystemen ontwikkeld die bestaan uit een groot aantal ringen van een ferromagnetisch materiaal met rechthoekige hysteresislus [3]). De ontwikkeling is versneld doordat men keramische ferromagnetische materialen

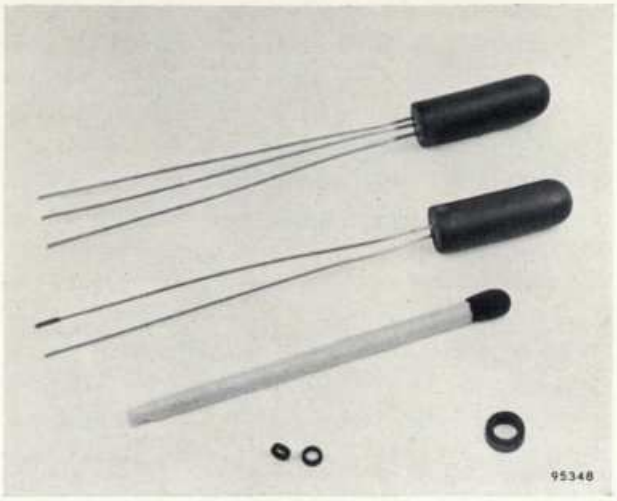


Fig. 2. Exemplaren van de belangrijkste onderdelen van het magneetringgeheugen dat in het Philipslaboratorium te Eindhoven is ontwikkeld: een germaniumtransistor, een germaniumdiode, een tweetal ringen van ferroxcube 6D3 die dienst doen als geheugenelementen (midden op de voorgrond) en een ring van ferroxcube 6E1 die gebruikt wordt in een schakeling om stroomimpulsen te stabiliseren.

(ferrieten [4])) ging gebruiken. Hiervan kan men heel kleine ringen maken. Doordat deze materialen isolatoren zijn, heeft men bovendien geen last van wervelstromen, die bij het gebruik van metallieke magnetische materialen de snelheid van het schrijven en lezen beperken. In de geheugenschakelingen waarmee wij ons verder in dit artikel zullen bezighouden, worden keramische ringen volgens *fig. 2* gebruikt.

De inductie in een ferromagnetische ring die eerst in verzadiging is gestuurd en waarvan daarna de bekrachtiging weer is weggenomen, kan slechts de twee waarden $+B_0$ en $-B_0$ aannemen (zie *fig. 3*, waarin een geïdealiseerde lus is getekend). Kent men aan de remanentietoestand $+B_0$ b.v. de betekenis „1" toe en aan de toestand $-B_0$ de betekenis „0", dan heeft men een element gekregen dat geschikt is om een bit voor te stellen, dus om een bit informatie te bevatten.

Om de informatie van een ring te kunnen lezen en desgewenst te kunnen veranderen („omklappen" van de magnetisatie in de ring), steekt men door de opening van de ring één of meer draden waardoor men stromen van de vereiste grootte kan leiden. De wijze waarop deze draden door de ringen zijn gevlochten, hangt af van de oplossing die men heeft gekozen voor het zg. selectieprobleem. Dit zullen we nu nader toelichten.

---

[3]) Deze systemen werden, onafhankelijk van elkaar en vrijwel gelijktijdig, uitgevonden door J. A. Rajchman (R.C.A. Rev. **13**, 183-201, 1952) en J. W. Forrester (J. appl. Phys. **22**, 44-48, 1951).

[4]) Zie b.v. Philips techn. T. **8**, 353, 1946 **13**, 213, 1951 en **14**, 206, 1952, en het in noot [1]) genoemde artikel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Omdat de getallen dikwijls slechts een codering zijn voor informatie van zeer uiteenlopende aard, spreekt men meestal niet van getallen, maar van „woorden". Om een woord in het geheugen op te slaan, wordt dit woord eerst geregistreerd in een „bufferregister". Dit is een enkele reeks van elementen die in twee toestanden kunnen voorkomen (dikwijls flipflaps). Het geheugen is verdeeld in registers die elk uit evenveel ringen bestaan als het bufferregister elementen bevat. Het woord in het bufferregister moet nu worden overgebracht op juist dat register van het geheugen dat men voor dit woord heeft uitgekozen. Dit is één kant van het selectieprobleem. De andere kant is, hoe een woord dat in een bepaald register van het geheugen is opgeslagen, in het bufferregister te krijgen. Men noemt, bij uitbreiding, ook de registers in het geheugen

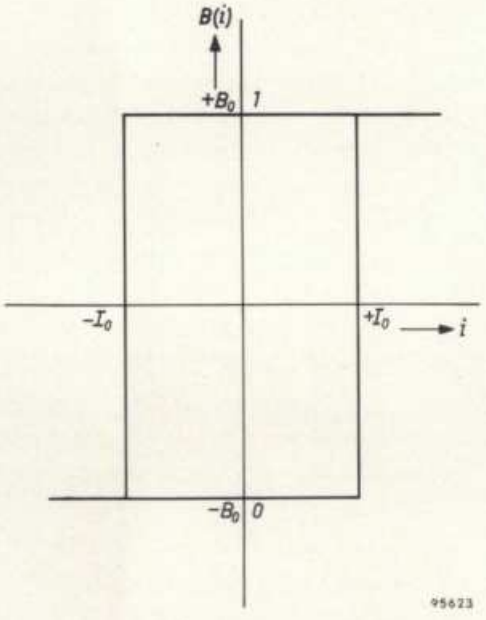


Fig. 3. Geïdealiseerde rechthoekige hysteresislus (inductie B als functie van de stroom i) van een magnetische ring voor magneetringgeheugens. De twee toestanden $+B_0$ en $-B_0$ stellen respectievelijk de cijfers „1" en „0" voor.

dikwijls „woorden", en spreekt b.v. over een geheugen dat 80 woorden van 12 bits bevat, d.w.z. dat er 80 registers van 12 ringen in voorkomen, terwijl het bufferregister eveneens uit 12 elementen bestaat.

Als een eerste, zeer eenvoudig, voorbeeld beschouwen we een geval waarbij ieder woord bestaat uit één bit, en waarbij het bufferregister dus ook uit slechts één flipflap bestaat. Door een aantal ringen $T_1 \dots T_i \dots T_n$, gaat een gemeenschappelijke draad S_x en door iedere ring gaat nog een individuele draad $S_{y1} \dots S_{yi} \dots S_{yn}$ (*fig. 4*). I_0 zij de stroom die nodig is om de magnetisatie van een ring van de ene remanentietoestand te doen omklappen in de andere. We veronderstellen dat het materiaal van de ringen een rechthoekige hysteresislus heeft. Om de inhoud van de ring T_i te lezen, sturen we door ieder der twee draden S_x en S_{yi} een stroomimpuls ter grootte

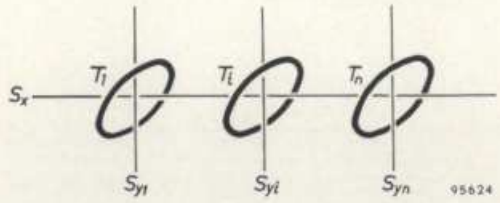


Fig. 4. Een aantal magnetische ringen met selectiedraden S_x en S_y. Deze opstelling vormt een zeer eenvoudig magneetringgeheugen met één bit per woord.

$\frac{1}{2}I_0$ in de richting die negatief is in de zin van fig. 3. Slechts ring T_i wordt dan onderworpen aan een veld dat sterk genoeg is om de magnetisatie te doen omklappen ($\frac{1}{2}I_0 + \frac{1}{2}I_0$); de andere ringen krijgen slechts $\frac{1}{2}I_0$. Bevond de ring T_i zich in „1", dan klapt zijn magnetisatie dus om en dit induceert een spanningsstoot in een derde draad, de informatiedraad (kortweg I-draad), die door alle ringen loopt en die verbonden is met de flipflap van het bufferregister. (Deze draad is in fig. 4 niet getekend). Dank zij de rechthoekige hysteresislus van het ringmateriaal blijft de magnetisatie van de ringen die aan een stroomimpuls $\frac{1}{2}I_0$ worden onderworpen constant. Deze ringen induceren dus geen spanningsstoten in de I-draad. Men heeft ervoor gezorgd dat de flipflap zich bevond in de toestand waaraan men de waarde „0" toekent (schoonmaken van het bufferregister). De spanningsstoot op de I-draad brengt de flipflap in de toestand „1" en deze neemt dus de informatie van de ring T_i over. Bevond T_i zich oorspronkelijk in „0", dan klapt zijn magnetisatie niet om. In de I-draad ontstaat dan geen spanningsstoot; de flipflap van het bufferregister behoudt de toestand „0" en geeft dus ook nu de toestand van T_i juist weer.

Lezen van de inhoud van een ring komt blijkbaar neer op het schrijven van een „0" in deze ring. Verkeerde de ring in toestand „1", dan moet men dus na het lezen de „1" herstellen, om te vermijden dat de oorspronkelijke informatie verloren gaat. Alvorens een methode te bespreken om dit „herstel van informatie" te bewerkstelligen, zullen we de configuratie van fig. 4 enigszins uitbreiden.

Matrixgeheugens

Fig. 5 stelt schematisch een verzameling ringen voor die gerangschikt zijn op de wijze van elementen in een matrix. Men noemt een dergelijke verzameling ringen dan ook dikwijls een „matrix". De matrix van fig. 5 bezit selectiedraden in de x-richting en

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

in de y-richting. De ringen zijn op de kruispunten geplaatst. Door elke ring gaat een S_x-draad en een S_y-draad. Verder is er de informatiedraad I, die door alle ringen is gevlochten, en die weer met de

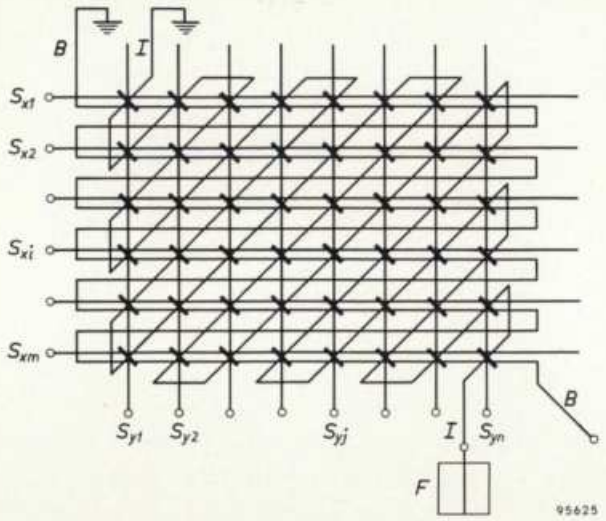


Fig. 5. Uitbreiding van het geheugen van fig. 4 tot verscheidene rijen ringen, waardoor een zg. matrix ontstaat. Ook dit register bevat één bit per woord. De draden $S_{x1}, \ldots, S_{xm}$ en $S_{y1} \ldots, S_{yn}$ zijn de selectiedraden. I is de informatiedraad; deze loopt door alle ringen en is verbonden met de flipflap F die het bufferregister vormt. De blokkeerdraad B loopt eveneens door alle ringen.

flipflap van het bufferregister is verbonden. De matrix stelt — evenals de enkele rij ringen van fig 4 — een geheugen voor van woorden die uit één bit bestaan, en het bufferregister bestaat dus ook hier uit een enkele flipflap. Ten slotte is er nog een tweede draad die door alle ringen is gevlochten, de blokkeerdraad B, waarvan de functie straks zal blijken.

Lezen van de informatie geschiedt op de wijze die is besproken aan de hand van fig. 4: om de inhoud van de ring T_{ij} op de flipflap van het bufferregister over te nemen, stuurt men door de selectiedraden S_{xi} en S_{yj} tegelijkertijd negatieve stroomimpulsen ter grootte van $\frac{1}{2}I_0$. De ring komt daarbij in de toestand „0". Om de oorspronkelijke toestand van deze ring te herstellen, is de schakeling zo ingericht dat enige ogenblikken nadat het lezen is geschied, door de draden S_{xi} en S_{yj} tegelijkertijd positieve stroomimpulsen van $\frac{1}{2}I_0$ worden gestuurd. Gebeurt er verder niets, dan wordt nu de ring T_{ij} in de toestand „1" gebracht. Bevond deze ring zich vóór het uitlezen in toestand „1" dan is hiermee het doel bereikt; bevond hij zich echter in toestand „0", dan moet hij in deze toestand blijven. Dit wordt bereikt door in dit geval, tegelijk met de positieve stroomimpulsen in S_{xi} en S_{yj}, een negatieve stroomimpuls ter grootte van $\frac{1}{2}I_0$ te sturen door de blokkeerdraad B. Deze negatieve impuls neutraliseert de werking van een der positieve impulsen en voorkomt dat de ring T_{ij} omklapt in de toestand „1" Of er al of niet een impuls door de blokkeerdraad vloeit, wordt geregeld door de flipflap in het bufferregister, die de informatie van ring T_{ij} heeft overgenomen.

Fig. 6 gaat weer een stap verder. Zij is het schema van een geheugen dat woorden van 5 bits bevat [5]).

[5]) Een opstelling volgens fig. 6 is het eerst gebruikt door J. A. Rajchman, zie het eerste der in noot [3]) genoemde artikelen.

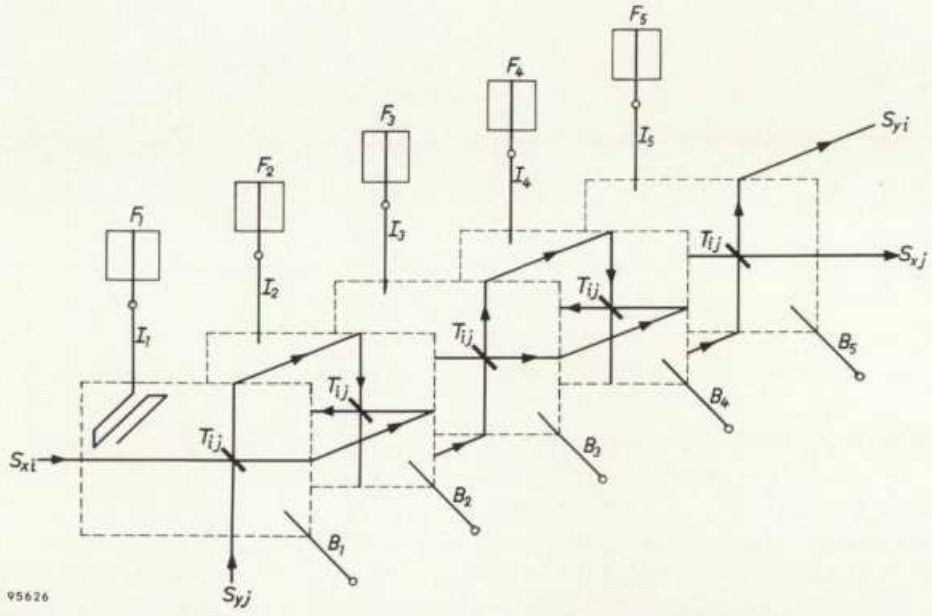


Fig. 6. Een magneetringgeheugen dat bestaat uit 5 achter elkaar geplaatste matrices volgens fig. 5. De selectiedraden S_x en S_y lopen door alle 5 matrices; iedere matrix heeft echter zijn eigen informatiedraad I met flipflap F en zijn eigen blokkeerdraad B, die bestuurd wordt door deze flipflap.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Dit geheugen bestaat uit 5 matrices van de soort die we net hebben besproken. Alle draden S_{xi} en S_{yj} met dezelfde index i of j zijn in serie geschakeld; elke matrix behoudt echter zijn eigen informatiedraad I en zijn eigen blokkeerdraad B. Sturen we stromen $-\frac{1}{2}I_0$ door de draden S_{xi} en S_{yj}, dan wordt in alle 5 de matrices tegelijk de ring T_{ij} gelezen (in T_{ij} wordt gelezen. We nemen aan dat deze ring zich in de toestand „1" bevindt, zodat zijn magnetisatie bij het lezen omklapt. Van alle ringen in de beschouwde matrix krijgt alleen T_{ij} een stroomimpuls $-I_0$; van de overige ringen krijgen de $n-1$ die zich op de draad S_{xi} bevinden, en de $m-1$ die zich op S_{yj} bevinden, een stroomimpuls $-\frac{1}{2}I_0$,

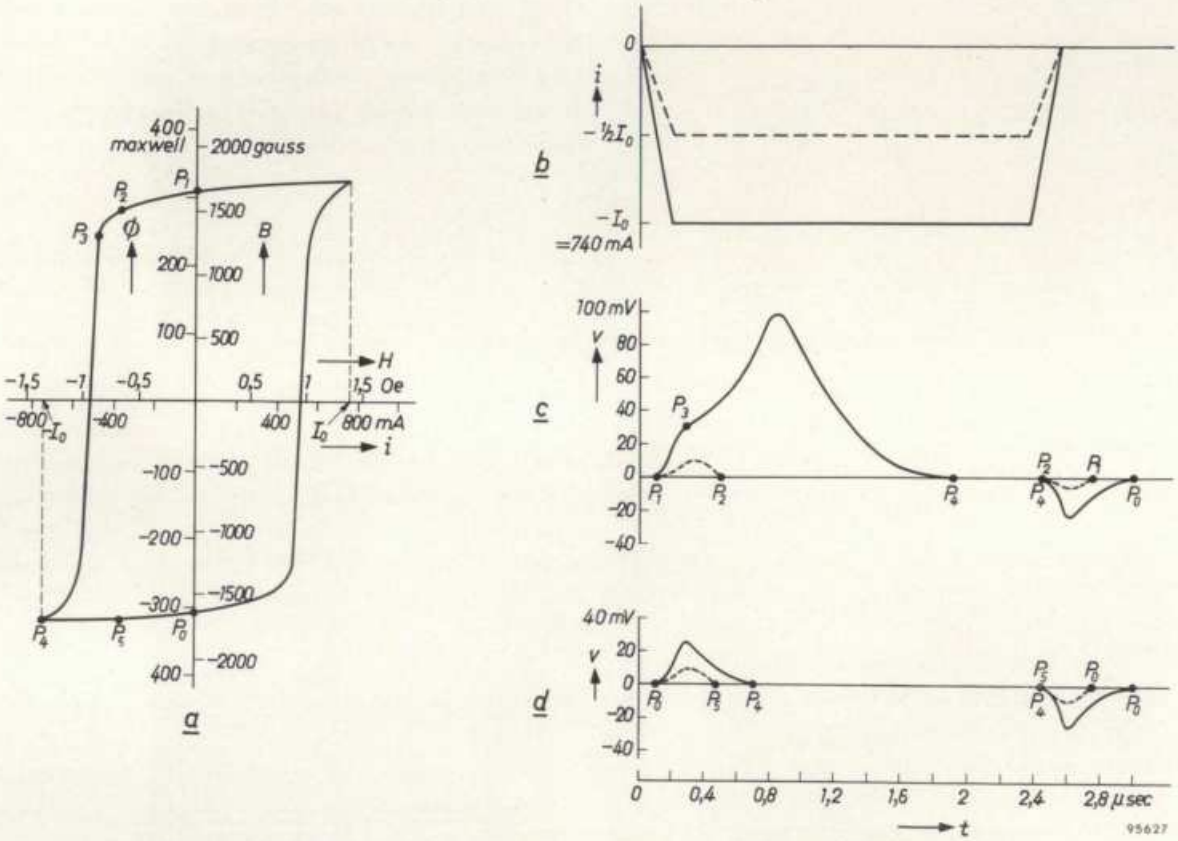


Fig. 7. Hysteresislus van een ring van ferroxcube 6D3, als afgebeeld in fig. 2 midden (a). Zijn door de ring twee draden gestoken, en leidt men door een dezer draden een stroomimpuls, dan worden in de andere draad spanningsimpulsen geïnduceerd. Bevindt het magnetische instelpunt zich in P_1 (zie a), en heeft de stroomimpuls de vorm van de getrokken lijn in (b), dan doorloopt het instelpunt in (a) de lus van P_1 via P_3 en P_4 naar P_0. Er worden dan spanningsimpulsen geïnduceerd volgens de getrokken krommen in (c). De letters bij deze krommen corresponderen met de letters in (a). Bij een stroomimpuls volgens de gestreepte lijn in (b) beweegt het instelpunt in (a) van P_1 naar P_2 en terug. De bijbehorende spanningsimpulsen zijn gestreept getekend in (c). Bevindt het magnetische instelpunt zich in P_0, dan treden spanningsimpulsen op als getekend in (d). Van de getekende spanningsimpulsen is alleen de grote impuls in (c) een nuttige impuls, alle andere zijn stoorimpulsen.

de toestand „0" gebracht), en de eventuele spanningsimpulsen welke in de informatiedraden $I_1 \ldots I_5$ geïnduceerd worden, werken op het bufferregister van 5 flipflaps, welke de informatie van deze ringen overnemen. Om de informatie in het geheugen te herstellen, wordt de richting van de impulsen in de draden S_{xi} en S_{yj} omgekeerd en men gebruikt tegelijkertijd de flipflaps om de 5 blokkeerdraden $B_1 \ldots B_5$ te besturen.

De stoorimpulsen

We beschouwen één van de vijf matrices uit fig. 6, dat is dus een matrix volgens fig. 5. Stel dat de ring terwijl de rest in het geheel geen stroomimpuls krijgt. Daar de hysteresislus nooit volmaakt rechthoekig is, treden ook in de $m+n-2$ ringen die gelijktijdig een stroomimpuls $-\frac{1}{2}I_0$ krijgen, kleine fluxveranderingen op (*fig.* 7), en deze wekken in de informatiedraad I, die immers alle ringen doorloopt, gelijktijdig stoorimpulsen op, die zich kunnen samenvoegen tot een aanzienlijke resulterende stoorimpuls Deze stoorimpuls is kleiner naarmate de hysteresislus van het ringmateriaal beter rechthoekig is, d.w.z. naarmate de boven- en de onderzijde van de hysteresislus beter horizontaal lopen. Tevens wordt de grootte sterk beïnvloed door de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

manier waarop de I-draad door de ringen is gevlochten. In fig. 5 is dit op zodanige wijze gedaan dat de I-draad de helft van de ringen op een willekeurige S_x-draad in de ene, en de andere helft in de andere richting doorloopt. Hetzelfde geldt voor de ringen op een willekeurige S_y-draad. Hierdoor zullen de stoorimpulsen elkaar grotendeels neutraliseren. Een

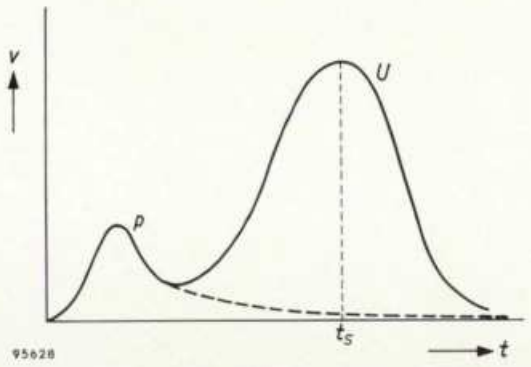


Fig. 8. De totale spanningsimpuls in een I-draad bij het lezen van een ring in een geheugen volgens fig. 5 of 6, als deze ring een „1" bevat. De spanningspiek U van de omklappende magnetisatie wordt voorafgegaan door een stoorimpuls p. Deze impuls p is de resultante van de stoorimpulsen van ringen die zich bevinden op de twee selectiedraden die elkaar in de geselecteerde ring kruisen. Bevat de ring een „0", dan geldt het gestreepte verloop.

bezwaar van deze manier van vlechten is dat de ringen worden verdeeld in twee even groote groepen die nuttige spanningsimpulsen leveren van tegengestelde polariteit. De uitgangsversterker die de flipflap bedient, moet dus impulsen van beide polariteiten kunnen verwerken. Dit betekent weer een complicatie. Bovendien kan de resulterende stoorimpuls toch nog aanzienlijk zijn.

Aangezien het in het beschouwde systeem niet mogelijk is de resulterende stoorimpuls geheel te vermijden, moeten we ervoor zorgen dat hij in het uiteindelijke uitgangssignaal onschadelijk is. Het totale signaal dat bij een flipfllap verschijnt, blijkt, als functie van de tijd, een verloop te vertonen als in *fig. 8* is geschetst. De eerste piek, p, is afkomstig van de stoorsignalen; deze piek is natuurlijk hoger naarmate de matrix groter is (naarmate m en n dus groter zijn). Om de piek onschadelijk te maken, kan men twee wegen volgen. Ten eerste kan men het totale signaal integreren. Het resultaat van de integratie is een signaal dat evenredig is met de oppervlakte onder de kromme die het oorspronkelijke signaal voorstelt. Nu is de stoorimpuls van veel korter duur, en dus veel smaller, dan de impuls die afkomstig is van een omklappende magnetisatie. De stoorimpuls draagt daardoor slechts weinig bij tot het geïntegreerde signaal. Ten tweede kan men gebruik maken van het feit dat de stoorimpuls aan de nuttige impuls voorafgaat. Meet men dus op het ogenblik t_s (zie fig. 8) de amplitude van het signaal, dan vindt men een grote of een kleine waarde al naar de geselecteerde ring zich in de toestand „1" of „0" bevond.

Hoewel we dus de stoorimpuls onschadelijk kunnen maken, willen we deze impuls toch liever vermijden; het onschadelijkmaken vereist namelijk enige hulpapparatuur. Door het „Mathematical Laboratory" van de universiteit te Cambridge is een geheugensysteem ontwikkeld waarbij de draden zo door de ringen zijn gevlochten dat de stoorimpulsen inderdaad zijn vermeden [6]).

Het systeem Cambridge

In het systeem dat we zo juist hebben bekeken, is het aantal tweedimensionele matrices gelijk aan het aantal bits per woord, en het aantal ringen per matrix is gelijk aan het aantal woorden in het geheugen. In het systeem Cambridge zijn alle ringen ondergebracht in één tweedimensionele matrix (*fig. 9*). De ringen uit een verticale kolom vormen een woord: er zijn dus zoveel woorden als er kolommen zijn en het aantal rijen is gelijk aan het aantal bits per woord. We zullen thans de werking van dit geheugen beschrijven.

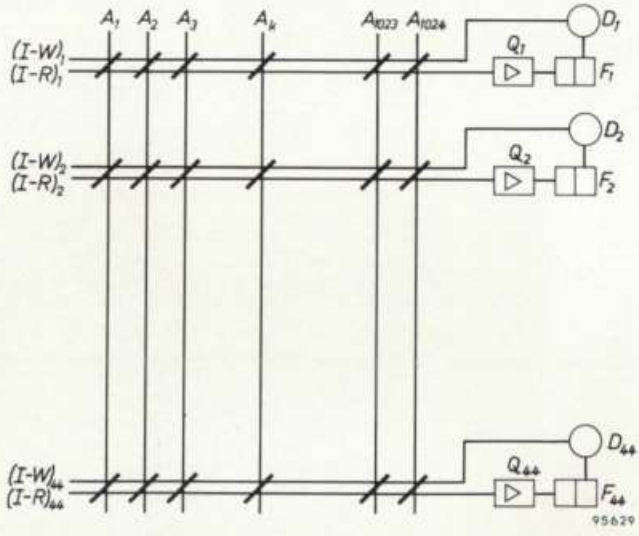


Fig. 9. Vereenvoudigd schema van een geheugen volgens het systeem Cambridge. De ringen vormen een matrix van — naar hier is aangenomen — 1024 kolommen en 44 rijen. Iedere kolom vormt een woord. Door de ringen van een rij zijn de informatiedraden I-R (voor lezen) en I-W (voor schrijven) gestoken. Deze I-draden corresponderen met de 44 flipflaps F van het bufferregister. Q_1, ... ,Q_{44} zijn de uitgangsversterkers; D_1, ..., D_{44} zijn de schakelingen die stroomimpulsen $+\frac{1}{2}I_0$ in de I-W-draden leveren voor het herstel van de informatie na het lezen. Door de ringen van de kolommen lopen de draden A_1, ..., A_{1024}, de zg. adresdraden, waardoor bij lezen stroomimpulsen $-I_0$, en bij herstel van de informatie impulsen $+\frac{1}{2}I_0$ worden gestuurd.

[6]) W. Renwick, A magnetic-core matrix store with direct selection using a magnetic-core switch matrix, Proc. Instn. Electr. Engrs. **104 B**, suppl. no. 7, 436-444, 1957.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Lezen. Door de ringen van elk woord is een (verticale) draad gestoken, die we de A-draad (adresdraad) noemen. Om een woord te lezen, stuurt men door de betrokken A-draad een negatieve stroomimpuls — de leesimpuls — met een amplitude gelijk aan of groter dan I_0. Alle ringen van dit woord komen dan in de toestand „0". De magnetisaties van de ringen die in de toestand „1" waren, klappen dus om en induceren daarbij ieder een spanningsimpuls in de respectieve informatiedraden, die horizontaal door de ringen zijn gestoken. We hebben de bedoelde draden I-R-draden (informatie-leesdraden; de R is afkomstig van het Engelse woord „Read") genoemd, ter onderscheiding van de I-W-draden (informatie-schrijfdraden; de W is afkomstig van het Engelse woord „Write"), die naast de I-R-draden door dezelfde ringen zijn geregen en waarvan de functie straks ter sprake komt. De spanningsimpulsen in de I-R-draden werken via de uitgangsversterkers Q op de flipflaps F van een bufferregister en brengen deze in de stand „1". Men zorgt dat voor het lezen alle flipflaps in de stand „0" stonden. De flipflaps die geen impuls ontvangen, blijven in deze stand staan. Men ziet dat geen cumulatie van stoorimpulsen kan ontstaan, want op elke I-R-draad bevindt zich steeds slechts één ring die een stroomimpuls ontvangt. Een omstandigheid die soms van voordeel is, is nog dat de leesimpulsen in de A-draden in principe onbeperkt groot mogen zijn.

Herstellen van de informatie. Om de ringen van het gelezen woord in hun oorspronkelijke toestand terug te brengen, stuurt men een positieve stroomimpuls $\frac{1}{2}I_0$ door de betrokken A-draad en tevens door die I-W-draden die corresponderen met de flipflaps welke bij het lezen in stand „1" gekomen zijn. Deze flipflaps besturen hiertoe de schakelingen D, die de nodige stroomimpulsen leveren. De coïncidentie van twee positieve stroomimpulsen $\frac{1}{2}I_0$ maakt dat in alle ringen waarin bij het lezen de magnetisatie omklapte, deze thans weer terugklapt.

Bij de beschreven gang van zaken moet de negatieve leesimpuls in een A-draad groter zijn dan of gelijk aan I_0, terwijl de positieve terugschrijfimpulsen in de A-draad en in de I-W-draad, die de informatie moeten herstellen, samen eveneens groter dan of gelijk aan I_0 moeten zijn. Het is bovendien ongewenst dat deze terugschrijfimpulsen ieder voor zich groter zouden zijn dan $\frac{1}{2}I_0$. Dit geldt in het bijzonder voor de terugschrijfimpulsen in de I-W-draden. We letten b.v. eens op de ring $(k, 2)$ in fig. 9, en nemen aan dat deze zich in toestand „0" bevindt. In de $(I\text{-}W)_2$-draad verschijnt een terugschrijfimpuls iedere keer nadat een woord is gelezen waarvan de tweede ring zich in toestand „1" bevond. Iedere keer dat dit gebeurt, wordt ring $(k, 2)$ gestoord. Deze herhaalde impulsen schuiven het instelpunt van ring $(k, 2)$ omhoog. Zijn de impulsen niet groter dan $\frac{1}{2}I_0$, dan komt dit proces spoedig tot stilstand (*fig. 10*); zijn zij wel groter dan $\frac{1}{2}I_0$, dan blijft het instelpunt naar boven schuiven en gaat de informatie in de ring geleidelijk verloren [7]).

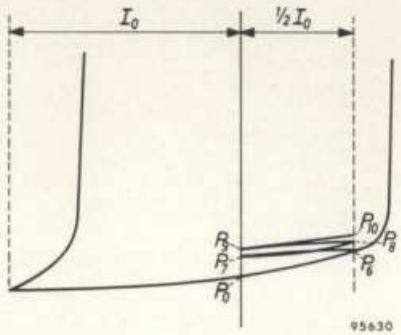


Fig. 10. Verplaatsing van het magnetische instelpunt van een ring uit een magneetringgeheugen onder invloed van herhaalde stroomimpulsen ter grootte $+\frac{1}{2}I_0$. Het instelpunt bevindt zich oorspronkelijk in P_0, corresponderend met de toestand „0". Onder invloed van de eerste stroomimpuls beweegt het zich naar P_6, en komt na afloop van de impuls terug in P_7. De tweede impuls brengt het instelpunt via P_8 in P_9. Bij de derde en volgende impulsen blijft het instelpunt bewegen tussen P_9 en P_{10}. Hebben de stroomimpulsen een amplitude groter dan ca. $\frac{1}{2}I_0$, dan zal, onder de invloed van opeenvolgende impulsen het magnetische instelpunt voortdurend omhoog gaan. De informatie die de ring bevatte, gaat dan geleidelijk verloren.

De terugschrijfimpulsen in de A-draden zijn minder gevaarlijk. In de A_k-draad b.v. verschijnt immers zo'n terugschrijfimpuls alleen nadat het k-de woord is gelezen, en bij het lezen zijn alle ringen van dit woord (en dus ook ring $(k, 2)$) in toestand „0" gebracht. Het instelpunt van ring $(k, 2)$ kan dus nooit cumulatief opschuiven tengevolge van terugschrijfimpulsen in de A_k-draad. Toch wil men ook bij de terugschrijfimpulsen in de A-draden liever vermijden dat het kritieke punt P_6 in fig. 10 wordt overschreden, en men zou dus zowel in de I-W- als in de A-draden de terugschrijfimpulsen tot $\frac{1}{2}I_0$ moeten beperken. Daar de som toch op zijn minst I_0 moet bedragen, zou men ze precies $\frac{1}{2}I_0$ moeten maken.

Wij zullen nu laten zien dat men door middel van een zg. polarisatiestroom de tolerantie in deze impulsen kan vergroten. Een ander voordeel van de polarisatiestroom is dat men dan de stroomimpulsen door de A-draden bij lezen en bij herstellen van de informatie, gelijke amplitudes kan geven. Dit zullen we nu nader toelichten.

[7]) Zie b.v. het in noot [1]) genoemde artikel, blz. 132 en 133, en het in eerste der in noot [3]) genoemde artikelen, blz. 192 e.v.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De polarisatiestroom

De polarisatiestroom (Engels: „bias current") is een constante negatieve stroom I_p, die men stuurt door draden waarvan er aan elk der A-draden in fig. 9 een wordt toegevoegd. Men maakt gewoonlijk $I_p = -\frac{1}{3}I_0$. De toestanden „0" en „1" komen dan overeen met de als zodanig gemerkte punten in *fig. 11*. Om het woord te lezen dat zich op het adres k

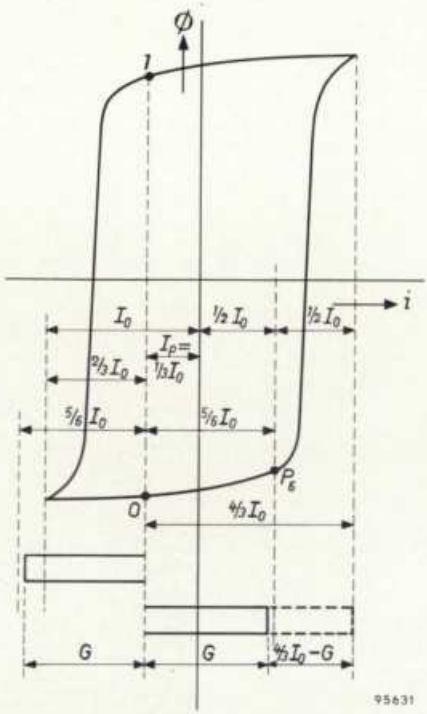


Fig. 11. Als men een constante polarisatiestroom $I_p = -\frac{1}{3}I_0$ gebruikt, komen de remanentietoestanden die „0" en „1" voorstellen, overeen met de zodanig gemerkte instelpunten. In de keuze van de amplitude van de stroomimpulsen voor lezen en schrijven in de A-draden krijgt men nu een aanzienlijke vrijheid, en bovendien kan men ze onderling gelijk maken. Deze amplitude G moet voor lezen (negatieve impuls) groter zijn dan $\frac{2}{3}I_0$, maar mag voor schrijven (positieve impuls) niet groter zijn dan $\frac{5}{6}I_0$ om het punt P_6 (zie ook fig. 10) op de lus niet te passeren. De impuls door de I-W-draad voor schrijven is gestippeld getekend. Deze wordt bij de schrijfimpuls door de A-draad opgeteld.

bevindt (het woord waardoor de A_k-draad loopt; fig. 9), moet men, zoals volgt uit fig. 11, door de A_k-draad een negatieve stroomimpuls $-G$ sturen die groter is dan $\frac{2}{3}I_0$. Bij herstellen van de informatie mag de positieve impuls niet groter zijn dan $(\frac{1}{3} + \frac{1}{2})\ I_0 = \frac{5}{6}I_0$ ten einde het kritieke punt P_6 op de lus niet te passeren. Maakt men deze impuls ook G, dus even groot als de leesimpuls, dan moet $\frac{2}{3}I_0 < G < \frac{5}{6}I_0$, zodat men dus voor G een zekere tolerantie heeft. Ook de impuls in de I-W-draad mag ten hoogste $\frac{5}{6}I_0$ bedragen. Het verdient aanbeveling G groter te maken dan de minimale waarde, omdat dit de snelheid waarmee de magnetisatie in een ring omklapt, vergroot, en dit resulteert in een hogere spanningsimpuls in de I-R-draad. De impuls in de I-W-draad mag men dan overeenkomstig kleiner maken.

De cyclustijd

Neemt men geen speciale voorzorgen, dan is de cyclustijd tamelijk lang. De cyclustijd is de minimale tijd die verlopen moet voordat men een woord opnieuw kan lezen. De lange cyclustijd is te wijten aan een grote spanningsimpuls die bij het schrijven (herstel van informatie) wordt opgewekt in de I-R-draad. De I-W- en de I-R-draad kunnen namelijk worden opgevat als twee windingen die magnetisch gekoppeld worden door de gezamenlijk doorlopen ringen (transformator). De effectieve permeabiliteit van de ringen, die samenhangt met de hoek die de boven- en de onderzijde van de hysteresislus maken met de i-as, is namelijk nog aanzienlijk groter dan 1. Zowel bij het in- als bij het uitschakelen van een stroom door de I-W-draad, ontstaat derhalve in de I-R-draad een spanningsimpuls. De laatste heeft dezelfde polariteit als de spanningsimpuls die ontstaat als de magnetisatie in een ring van „1" naar „0" omklapt, maar is vele malen zo groot (b.v. 40 maal). Een normale versterker wordt door een spanningsimpuls die veel groter is dan die waarvoor hij bestemd is, gedurende enige tijd geblokkeerd. Men moet dan dus wachten tot de versterker zich hersteld heeft. Om deze blokkering te voorkomen, zou men de amplitude van de parasitaire impuls willen beperken. Dit kan b.v. door parallel met de ingang van de versterker een diode op te nemen, welke zo is ingesteld dat hij gaat geleiden (de versterker dus kortsluit) als de amplitude van de impuls een zekere waarde bereikt. Men raakt dan echter van de regen in de drup: het blijkt namelijk dat de impuls over een langere tijd wordt uitgesmeerd naarmate men de amplitude meer beperkt. De verlenging van de cyclustijd wordt hierdoor dus niet opgeheven. Wij zullen straks zien hoe men dit doel wèl kan bereiken.

Een verbeterd geheugen

Het geheugen dat in de experimentele rekenmachine van het Philipslaboratorium te Eindhoven in gebruik is, is een verdere ontwikkeling van het systeem Cambridge. Het heeft een capaciteit van 1024 woorden van 44 bits. De gebruikte ringen hebben een inwendige resp. uitwendige diameter van 1,3 en 1,95 mm. Hun hoogte bedraagt 0,58 mm (fig. 2). Zij bestaan uit ferroxcube 6D3; hun magnetisatie klapt om bij een stroom $I_0 = 740$ mA. Een gedeelte van het geheugen is afgebeeld in *fig. 12*.

De werking van het geheugen is in principe dezelfde als bij het systeem Cambridge. We beschou-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

wen eerst 44 ringen die tezamen een woord vormen (*fig. 13*). De adresdraad is nu gesplitst in een *A-R*-draad (adres-leesdraad) en een *A-W*-draad (adres-schrijfdraad). Bovendien is er nog de draad *P* voor de polarisatiestroom, zodat er drie verticale draden door de ringen van een woord lopen. De *A-R*- en de *A-W*-draad zijn via afzonderlijke schakelaars aangesloten op dezelfde stroombron (dit is in fig. 13 niet getekend). Daar de stroomimpulsen *G* voor lezen en schrijven tegengestelde richtingen moeten hebben, lopen deze draden, gezien vanuit de stroombron, in tegengestelde richtingen door de ringen. De polarisatiestroom bedraagt $-\frac{1}{3}I_0$, dus $-\frac{1}{3}\times 740 \approx -250$ mA. *G* moet derhalve ten minste $\frac{2}{3}I_0 \approx 490$ mA bedragen, maar moet beneden $\frac{5}{6}I_0 \approx 615$ mA blijven. Wij hebben $G = 600$ mA gekozen. Hierdoor worden de spanningsimpulsen op de uitgangsversterker ca. twee maal zo groot als wanneer *G* de minimale waarde heeft.

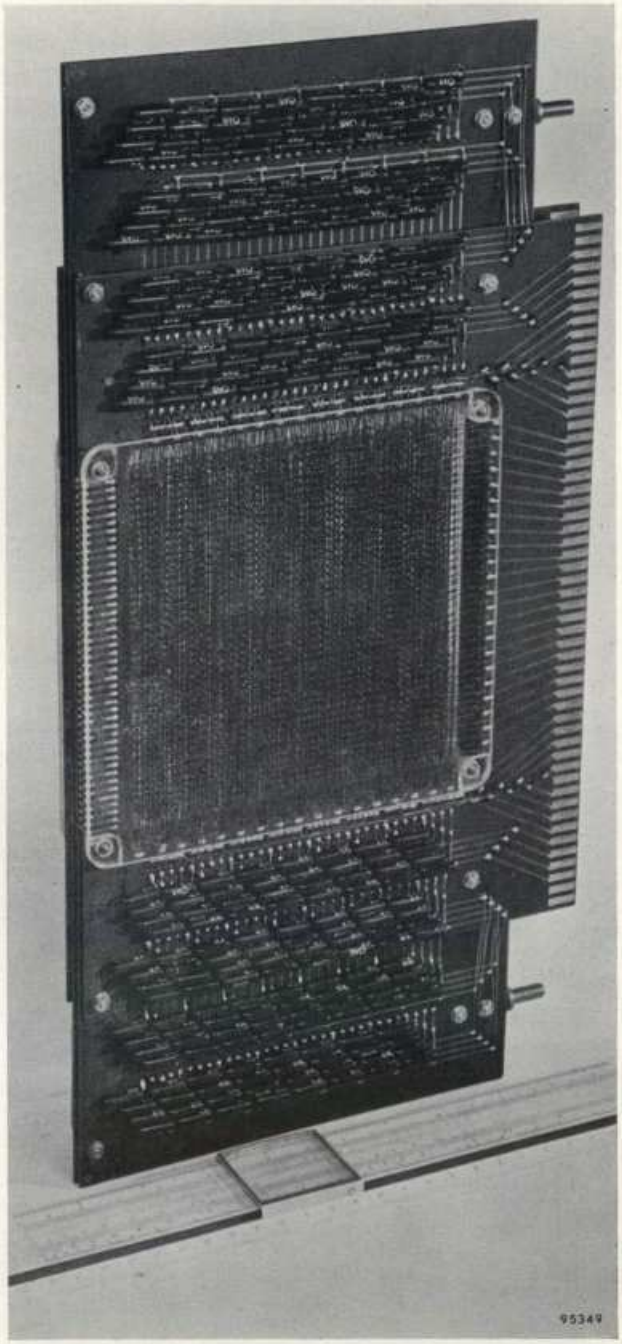


Fig. 12. Een deel van het Philips geheugen. Het complete geheugen bestaat uit vier van deze delen, die samen in een kast worden geschoven. De aansluitstrippen rechts achter schuiven dan in contactklemmen waardoor de nodige verbindingen tot stand komen. Er zijn gedrukte bedradingen gebruikt [8]). Het afgebeelde deel bestaat uit 4 groepen met 64 kolommen (de woorden) van 44 ringen. Er zijn dus in totaal 16 van deze groepen parallel geplaatst. Dit is echter slechts een kwestie van geometrische opstelling: elektrisch zijn er 32 groepen (matrices), zoals in fig. 14 is getekend. (Aan de boven- en aan de onderkant ziet men de diodes in de *A-R*- en in de *A-W*-draden).

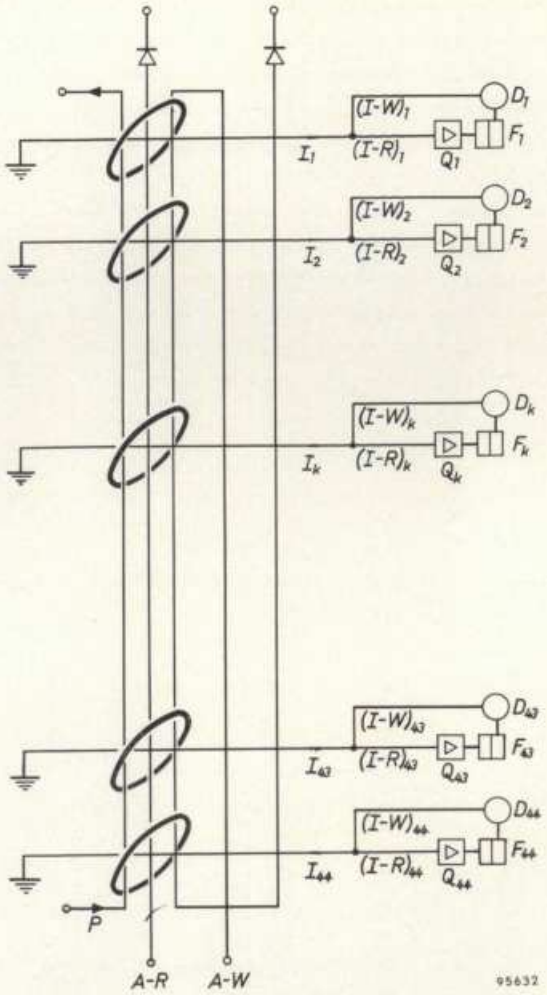


Fig. 13. Opstelling van de ringen van een woord in het magneetringgeheugen dat bij Philips is ontwikkeld, uitgaande van het systeem Cambridge. De adresdraad is gesplitst in een *A-R*-draad voor lezen, en een *A-W*-draad voor schrijven. De *I-R*- en *I-W*-draden zijn samengevoegd tot enkelvoudige *I*-draden, die zowel voor lezen als voor schrijven worden gebruikt en die zich pas splitsen vóór de uitgangsversterkers *Q*. Deze versterkers bedienen de flipflaps *F* van het bufferregister. De schakelingen *D* leveren in de *I*-draden de stroomimpulsen voor het herstel van de informatie; ze worden bestuurd door de flipflaps *F*.

[8]) Zie b.v. R. van Beek en W. W. Boelens, Gedrukte bedrading in radiotoestellen, Philips techn. T. **20**, 71-79, 1958, no. 3.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De *I-R*- en de *I-W*-draden zijn samengevoegd tot enkelvoudige *I*-draden, die zowel de lees- als de schrijffunctie vervullen. Dit vereenvoudigt het vlechten van de matrix. Doordat G een zeker bedrag groter is gemaakt dan $\frac{2}{3}I_0$, kan de stroom door de *I*-draad bij het schrijven (herstel van de informatie), met hetzelfde bedrag worden verkleind. Deze stroom behoeft daardoor slechts 380 mA te bedragen.

De ringen van 32 woorden zijn gerangschikt in een matrix. Zo'n matrix komt dus overeen met een geheugen volgens het systeem Cambridge met 32 woorden. Het complete geheugen bestaat uit 32 van deze matrices, die verticaal en parallel zijn opgesteld. Van boven gezien vormt het geheugen dus een matrix van $32 \times 32 = 1024$ woorden, welke matrix in *fig. 14a* is getekend. Elke ring in deze figuur stelt de verticale projectie voor van een woord bestaande uit 44 boven elkaar gelegen ringen. De details van de opstelling blijken uit fig. 14*a* en *b*, de werking is in het onderschrift verklaard. In *fig. 15* ziet men hoe de draden door de ringen lopen.

Lezen van een woord en herstel van de informatie

Om het woord op het adres (i, j) te lezen, worden de schakelaars $(T\text{-}R)_i$ en T_j even gesloten. Dan vloeit een leesimpuls door de $(A\text{-}R)_{ij}$-draad, en het geselecteerde woord verschijnt in het bufferregister. De diodes in de *A-W*-draden zorgen ervoor dat de stroom niet via deze draden langs verboden wegen kan vloeien. Om de informatie in het geheugen terug te schrijven, worden vervolgens de schakelaars $(T\text{-}W)_i$ en T_j even gesloten. Dan vloeit door de $(A\text{-}W)_{ij}$-draad een stroomimpuls in een richting tegengesteld aan die van de leesimpuls. Nu verhinderen de diodes in de *A-R*-draden dat de stroom een andere dan de goede weg kan volgen. Tegelijkertijd zorgen de flipflaps in het bufferregister die in „1" zijn gekomen, voor de nodige impulsen door de *I*-draden.

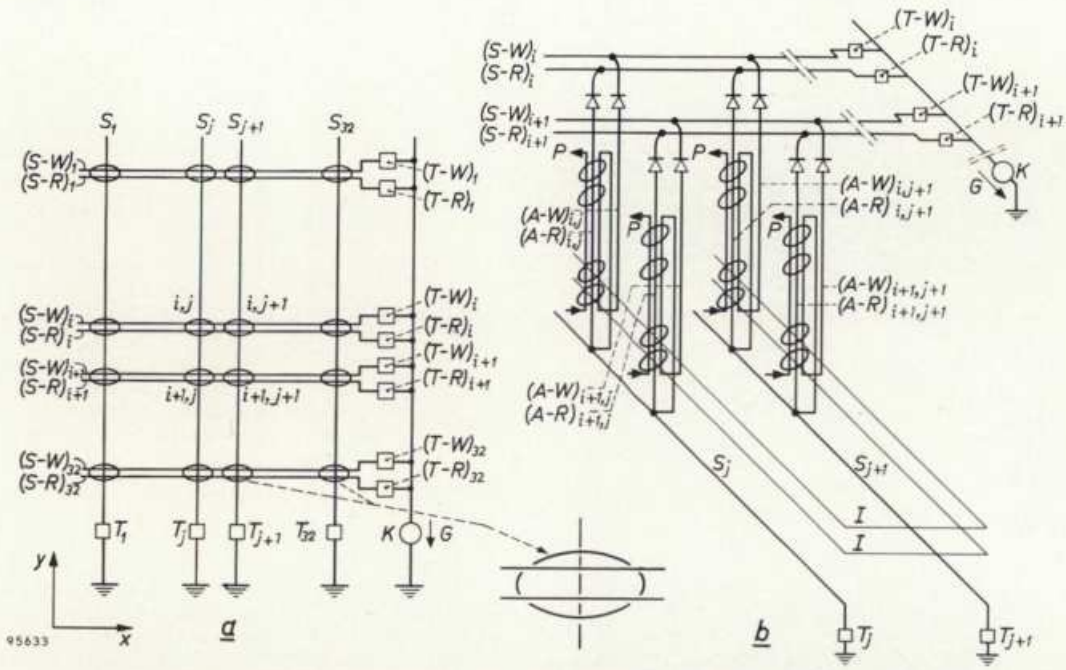


Fig. 14. Principe van de opstelling van de woorden in het Philips geheugen. *a*) Iedere ring stelt de verticale projectie voor van 44 ringen, die samen een woord vormen. Door ieder woord lopen een *A-R*-draad en een *A-W*-draad van resp. de boven het woord in de *x*-richting gespannen *S-R*- en *S-W*-draad naar de onder het woord in de *y*-richting gespannen *S*-draad (zie ook *b*). Alle selectiedraden *S-R*, *S-W* en *S* bezitten hun eigen schakelaar: resp. *T-R*, *T-W* en *T*. Sluit men een ogenblik $(T\text{-}R)_i$ en T_j, dan stuurt de stroombron K een leesimpuls $-G$ door het woord op het adres (i, j); sluit men een ogenblik $(T\text{-}W)_i$ en T_j, dan stuurt deze stroombron een schrijfimpuls $+G$ door dit woord. De *I*-draden zijn in deze figuur niet getekend.
b) Perspectivische tekening van de opstelling van de woorden op de adressen (i, j), $(i, j+1)$, $(i+1, j)$ en $(i+1, j+1)$. Behalve de in (*a*) genoemde onderdelen zijn hier nog twee van de 44 *I*-draden getekend, die uitkomen op het bufferregister (niet getekend). Tevens ziet men hoe de *A-R*- en de *A-W*-draden, gezien vanuit de stroombron K, in tegengestelde richtingen door de woorden zijn gestoken. De diodes in de *A-R*- en de *A-W*-draden (zichtbaar op de foto, fig. 12) verhinderen dat b.v. bij gesloten schakelaars $(T\text{-}R)_i$ en T_j de stroom nog een andere weg kan kiezen dan die door de $(A\text{-}R)_{ij}$-draad. De met *P* gemerkte draad is de polarisatiedraad. Deze loopt door alle ringen van het geheugen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

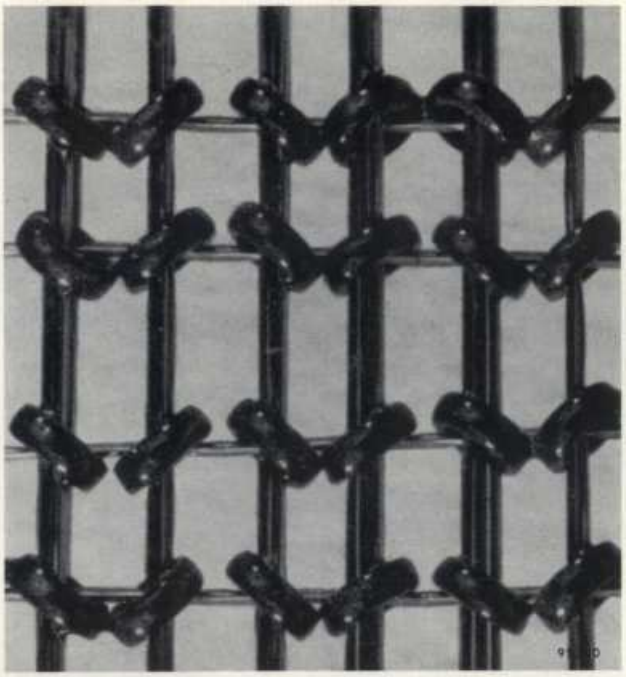


Fig. 15. Detail van het Philips geheugen. Men ziet dat door iedere ring vier draden lopen: horizontaal de informatiedraad, en verticaal de twee adresdraden en de polarisatiedraad.

De uitgangsversterkers

De schakelingen Q uit fig. 13, die we gewoontegetrouw „versterkers" hebben genoemd, verdienen nauwelijks deze naam. Het schema is getekend in *fig. 16*. De twee P-N-P-transistors T_1 en T_2 versterken niet, maar worden gebruikt als schakelaar. Deze toepassing van een transistor berust erop dat de weerstand tussen emissor en collector gering is als de basisstroom voldoende groot is, terwijl deze weerstand groot is als de basisstroom nul is.

De werking van een transistor als schakelaar zullen we toelichten aan de hand van *fig. 17*. In fig. 17*a* is een transistor getekend met een weerstand R_E in de emissor- en een weerstand R_C in de collectortak. Verder bevat de basistak een stroombron I_B en de collectortak een spanningsbron (e.m.k. $= V_S$). In fig. 17*b* zijn de I_C-V_C-karakteristieken getekend [9]). In deze grafiek is tevens vanuit het punt V_S op de V_C-as een belastinglijn getekend, waarvan de helling overeenkomt met de waarde $R_E + R_C$ (de basisstroom is steeds klein vergeleken met de emissor- en de collectorstroom, zodat R_E en R_C door vrijwel dezelfde stroom I_C worden doorlopen). Is $I_B = 0$, dan stelt de transistor zich in in P_1. Er loopt dus een kleine collectorstroom: de (niet-ideale) schakelaar is niet-geleidend. Is daaren-

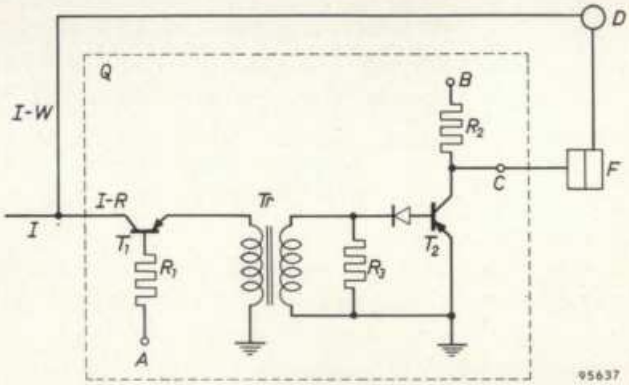


Fig. 16. Schema van een der uitgangsversterkers Q uit fig. 13. De transistor T_1 is een schakelaar die de verbinding met de informatiedraad I slechts tot stand brengt op ogenblikken dat nuttige spanningsimpulsen kunnen worden verwacht. Parasitaire impulsen krijgen aldus geen gelegenheid de versterker tijdelijk te blokkeren. Ook de transistor T_2 werkt als schakelaar, maar tevens als tussentijds geheugenelement. Hierdoor kon het schema van Q betrekkelijk eenvoudig blijven.

[9]) Zie voor een bespreking van de transistorkarakteristieken b.v. J. P. Beijersbergen, M. Beun en J. te Winkel, De lagentransistor als netwerkelement bij lage frequenties, I. Karakteristieke en h-parameters, Philips techn. T. **18**, 329-341, 1956.

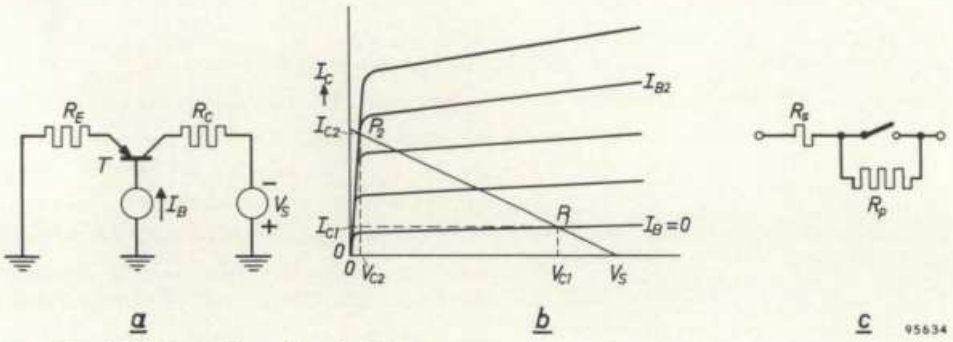


Fig. 17. De transistor als schakelaar.
a) Een transistor T met in de emissortak een weerstand R_E, in de collectortak een weerstand R_C en een spanningsbron V_S, en in de basistak een stroombron I_B.
b) I_C-V_C-karakteristieken met I_B als parameter en een belastingslijn die correspondeert met de situatie in (*a*). Is $I_B = 0$, dan is de transistorstroom zeer klein (I_{C_1}), terwijl de spanning juist groot is (V_{C_1}; niet-geleidende schakelaar). Is $I_B > I_{B_2}$, dan is de transistorstroom groot (I_{C_2}), terwijl de spanning klein is (V_{C_2}; geleidende schakelaar). De uitdrukkingen „groot" en „klein" hebben betrekking op de absolute waarden van stromen en spanningen.
c) Een mechanische schakelaar die ongeveer equivalent is met een als schakelaar gebruikte transistor. R_s is een kleine, R_p een grote weerstand.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

tegen de basisstroom gelijk aan of groter dan I_{B_2}, dan stelt de transistor zich in in P_2. Er loopt dus een grote collectorstroom I_{C_2}: de schakelaar is geleidend. Dat de schakelaar niet ideaal is, uit zich in het kleine spanningsverschil dat tussen emissor en collector blijft bestaan. Een equivalente mechanische schakelaar is getekend in fig. 17c.

We bespreken eerst de functie van de transistorschakelaar T_2. Als bij het lezen de magnetisatie van een ring omklapt (de transistorschakelaar T_1 is op dit ogenblik gesloten, zie later), ontstaat op de primaire wikkeling van de transformator een spanningsimpuls die aan de secundaire kant bij open klemmen een waarde van ca. —6 V zou bereiken. Deze spanningsimpuls stuurt elektronen in de basis van T_2 en zorgt dus voor een basisstroom, waardoor deze schakelaar geleidend wordt. De klem B is op dit ogenblik geaard, zodat er toch geen stroom door de schakelaar gaat vloeien. Een transistorschakelaar heeft nu de bijzondere eigenschap dat hij geleidend blijft zolang er elektronen extra in de basis aanwezig zijn. Zolang B geaard blijft, verdwijnen de extra-elektronen in de basis alleen door recombinatie met gaten. Dit vergt enige tijd, en zo lang blijft de transistor dus geleidend [10]). Voert men binnen deze tijd een impuls van b.v. —10 V toe aan klem B, dan zal klem C niettemin op nul volt blijven, daar hij via T_2 aan aarde ligt [11]). Men heeft ervoor gezorgd dat de met C verbonden flipflap in „1" staat. (Schoonmaken van het bufferregister betekent in deze schakeling dat alle flipflaps in de toestand „1" worden gebracht.) De flipflap blijft dus in „1" staan en geeft derhalve de toestand van de gelezen ring juist weer. Bevond de ring in „0", zodat zijn magnetisatie bij het lezen niet omklapt, dan ontstaat geen spanningsimpuls over R_3. Dan worden dus geen elektronen in de basis van T_2 geïnjecteerd en deze transistorschakelaar blijft niet-geleidend. Voert men nu een spanningsimpuls toe aan klem B, dan zal klem C volgen en de flipflap wordt in de toestand „0" gebracht. Ook nu is er dus overeenstemming met de oorspronkelijke toestand van de ring.

De diode vóór T_2 heeft tot taak te verhinderen dat een eventuele positieve uitslingerimpuls over R_2, die op de negatieve impuls kan volgen, de toegevoerde elektronen weer uit de basis afvoert, in welk geval de schakelaar T_2 weer niet-geleidend zou worden.

Het grote voordeel van de beschreven schakeling is dat zij met eenvoudige middelen enige vrijheid verschaft in de keuze van het tijdstip waarop men de impuls aan B toevoert. Bij de rekenmachine waarvan het geheugen deel uitmaakt, is dit nodig: de flipflap is namelijk nog niet beschikbaar om de informatie over te nemen op het ogenblik dat deze bij de uitgangsversterker arriveert. Deze versterker bewaart nu de informatie totdat de flipflap zijn vorige taak heeft voltooid. T_2 treedt dus op als tussentijds geheugenelement [12]).

De functie van de transistorschakelaar T_1 is, een korte cyclustijd te garanderen. Eerder is besproken hoe in de I-R-draad een grote spanningsimpuls ontstaat, die de versterker tijdelijk blokkeert wanneer door de I-W-draad een stroomimpuls wordt gestuurd. Dit was een gevolg van de grote wederzijdse inductie tussen deze draden. I-W- en I-R-draad vallen thans samen, maar de spanningsimpuls ontstaat toch, nu door de zelfinductie van de I-draad, welke zelfinductie groot is doordat de I-draad 1024 ringen doorloopt. Nadat de I-draad de laatste ring is gepasseerd, splitst hij zich weer in een I-R- en een I-W-draad. De I-R-draad is verbonden met de collector van de transistor T_1. De emissor van T_1 ligt via de primaire wikkeling van de transformator Tr aan aarde. Gedurende het lezen van een woord wordt de klem A op een negatieve spanning ten opzichte van aarde gehouden. De spanningsbron vormt met de grote weerstand R_1 een stroombron, die een zo grote basisstroom levert dat de transistorschakelaar T_1 geleidend is. De spanningsimpuls die door de ring wordt opgewekt als hij zich in „1" bevond, komt dus ongehinderd op de primaire wikkeling van de transformator Tr te staan. (Terwijl dit zich afspeelt, heeft de schakeling D een zo hoge impedantie dat zij geen afleidende invloed uitoefent op de impuls in de I-draad.)

Wanneer, ten behoeve van het herstel van de informatie, de schakeling D een stroomimpuls door de I-draad stuurt, blijft de klem A open en is de basisstroom van T_1 dus nul. De transistorschakelaar is nu niet-geleidend, zodat de I-draad is afgesloten met een hoge impedantie en de versterker dus vrijwel van de I-draad is geïsoleerd. We hebben nu dus een

[10]) Het bestaan van de genoemde eigenschap volgt niet uit de karakteristieken van fig. 17*b*. Deze hebben immers slechts betrekking op stationaire toestanden. Om de eigenschap te verklaren, moet men de verschijnselen beschouwen die zich in het inwendige van een transistor afspelen. Men zie b.v. F. H. Stieltjes en L. J. Tummers, Eenvoudige theorie van de lagentransistor, Philips techn. T. **17**, 201-214, 1955. De eigenschap hangt samen met het complex van verschijnselen dat men wel samenvat onder de naam „hole-storage".

[11]) Als door een P-N-P-transistor een stroom vloeit van emissor naar collector, worden elektronen toegevoerd uit de collector en afgevoerd naar de emissor (zie b.v. Philips techn. T. **20**, blz. 48 e.v. (no. 2). Hoe lang er dan elektronen extra in de basis aanwezig blijven, dus hoe lang de transistor blijft geleiden, hangt dan niet meer alleen af van het recombinatieproces. Het resultaat is echter dat ook een stroomvoerende transistor gedurende enige tijd blijft geleiden.

[12]) Het idee om hier een transistor te gebruiken als tussentijds geheugenelement, is afkomstig van H. Rodrigues de Miranda (thans werkzaam bij Philips' Halfgeleiderfabriek te Nijmegen, voordien verbonden aan het Philipslaboratorium te Eindhoven).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

situatie die juist tegengesteld is aan die waarbij we met behulp van een diode de hoogte van de impuls beperkten, maar daarbij automatisch de duur verlengden. De impuls wordt nu hoog, maar kort van duur. Doordat de impedantie van T_1 zeer hoog is ten opzichte van de impedantie van de transformator, blijft de impuls op de transformator echter klein (spanningsdeling). Er bestaat dus geen gevaar dat in de basis van de transistor T_2 elektronen worden gebracht, waardoor, zoals hiervoor werd uiteengezet, deze schakelaar gedurende enige tijd geleidend zou blijven. Men behoeft dus ook niet te wachten met lezen van het volgende woord tot deze elektronen door recombinatie met gaten zijn verdwenen. Hierdoor kan de cyclustijd van de voor magneetringgeheugens normale waarde van 10 μsec teruggebracht worden tot 3 μsec. Om praktische redenen is een cyclustijd van 4,5 μsec gekozen. In *fig. 18* ziet men hoe de verschillende stroom- en spanningsimpulsen over een cyclustijd zijn verdeeld.

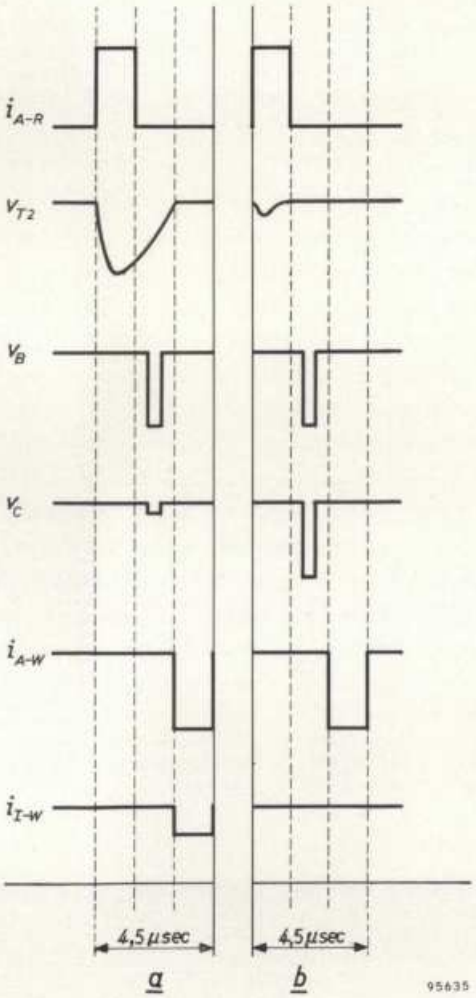


Fig. 18. Verdeling van de stroom- en de spanningsimpulsen bij het lezen van een ring die zich „1" bevindt (*a*) en van een ring die zich in „0" bevindt (*b*) over een cyclustijd. $i_{A\text{-}R}$ leesimpuls in de *A-R*-draad (fig. 12) met amplitude *G* (zie fig. 11); v_{T_2} spanningsimpuls die verschijnt op de basis van de transistor T_2 (fig. 16); v_B spanning op de klem *B*; v_C spanning die op klem *C* verschijnt; $i_{I\text{-}W}$ en $i_{A\text{-}W}$ stroomimpulsen in de *I*-draad en in de *A-W*-draad voor het herstel van de informatie. De amplitudes van de laatstgenoemde stroomimpulsen zijn resp. *G* en $\frac{4}{3}I_0$—*G* (zie fig. 11).

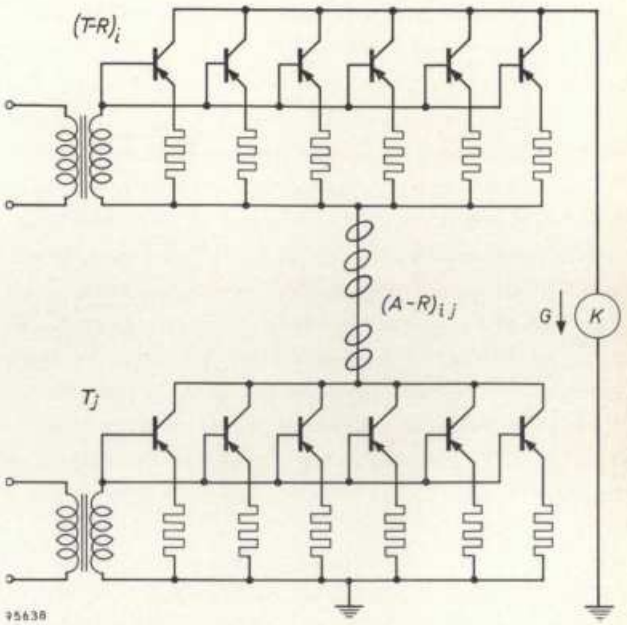


Fig. 19. Twee der selectieschakelaars uit fig. 14, nl. $(T\text{-}R)_i$ en T_j, die, als zij geleidend worden, de stroombron *K* de gelegenheid geven een leesimpuls —*G* door de $(A\text{-}R)_{ij}$-draad te sturen. De schakelaars bestaan uit zes parallelgeschakelde transistors. Zij worden geleidend en niet-geleidend gemaakt door stroomimpulsen door de primaire wikkelingen van hun transformatoren.

De selectieschakelaars

De selectieschakelaars *T-R*, *T-W* en *T* uit fig. 14 moeten gedurende zeer bepaalde tijdsintervallen gesloten zijn om de nodige stroomimpulsen te vormen. Ook hier zijn transistors als schakelaar toegepast. Daar de te schakelen stromen te groot zijn voor een enkele transistor, zijn er in iedere schakelaar zes parallel geplaatst (*fig. 19*). In de emissortak van elk der transistors is een weerstand opgenomen. Deze weerstanden garanderen een gelijkmatige verdeling van de stroom over de zes transistors.

Om een schakelaar te kunnen sluiten, bezit deze een transformator. Voert men door de primaire wikkeling een stroomimpuls, dan correspondeert met de voorflank hiervan een spanningsimpuls in de secundaire keten van zodanige polariteit dat via de basiscontacten elektronen worden geïnjecteerd in de bases van de transistors. Zoals besproken op blz. 192, worden deze transistors dan geleidend: de schakelaar is gesloten. De transistors blijven geleidend zolang de geïnjecteerde elektronen niet zijn verdwenen. De achterflank van de primaire stroomimpuls veroorzaakt een secundaire spanningsimpuls, die wat polariteit betreft tegengesteld is aan zijn

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voorganger. Deze impuls trekt wat nog resteert van de geïnjecteerde elektronen, uit de basis weg, zodat de schakelaar niet-geleidend wordt. Een schakelaar is dus geopend gedurende tijdsintervallen die nauwkeurig samenvallen met de stuurimpulsen door de primaire winding van zijn transformator. Tijdstip en duur van deze kleine stuurimpulsen kan men met conventionele middelen gemakkelijk met voldoende nauwkeurigheid regelen. De gebruikte transistors zijn van een type dat geschikt is voor hoge frequenties; zij hebben een zeer dunne basis en vereisen slechts een geringe injectie van elektronen om geleidend te worden. Daardoor zijn voor het besturen van de selectieschakelaars slechts kleine impulsen nodig.

De stroombron

Zoals reeds is uiteengezet, worden, om het woord op het adres (i, j) te lezen, de schakelaars $(T\text{-}R)_i$ en T_j even gesloten. Dan is de stroombron K uit fig. 19 (zie ook fig. 14*a* en *b*) via de $(A\text{-}R)_{ij}$-draad met aarde verbonden. Aan deze stroombron worden hoge eisen gesteld. Al naar het aantal ringen van een woord waarvan de magnetisatie omklapt, wordt namelijk een grotere of kleinere tegenspanning geïnduceerd, maar deze mag op de grootte van de stroom geen, of althans zeer weinig, invloed hebben. Een voor de hand liggende oplossing is, de stroombron samen te stellen uit een spanningsbron van hoge e.m.k. in serie met een voldoend hoge weerstand. Gedurende de tijden dat geen stroom wordt afgenomen — alle selectieschakelaars dus open zijn —, staat echter de volle e.m.k. tussen de emissor- en collectorklemmen van de transistors. De gebruikte transistors kunnen geen spanning hoger dan 15 V verduren, maar de e.m.k. zou aanzienlijk hoger moeten zijn; de oplossing is in ons geval dus onaanvaardbaar.

De stroombron die wij gebruiken, bevat wel een spanningsbron, maar hiermee is, in plaats van een gewone weerstand, de secundaire wikkeling van een transformator in serie geschakeld (*fig. 20*). De transformatorkern bestaat uit een zg. schakelring van ferroxcube 6E1. Ook dit materiaal heeft een rechthoekige hysteresislus, maar de „omkeertijd" of „schakeltijd" is langer dan die van het materiaal 6D3 dat voor de geheugenringen is gebruikt [13]).

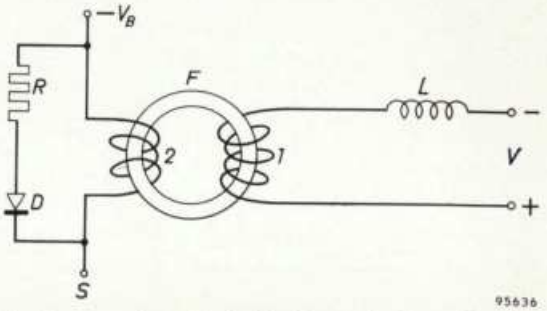
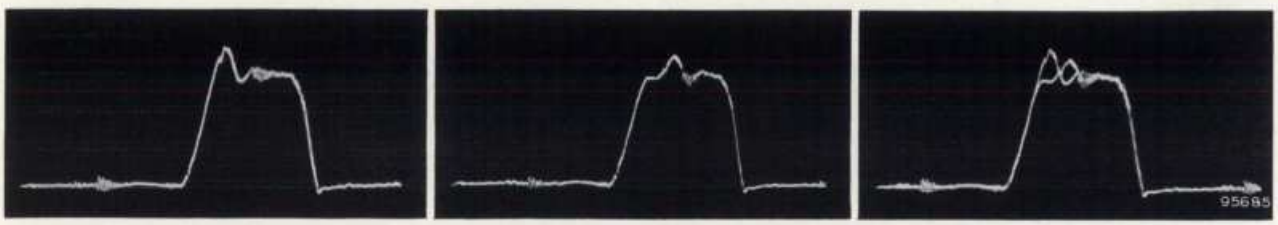


Fig. 20. De stroombron K uit fig. 19 en 14. Door de primaire wikkeling *1* op de ferroxcubekern F vloeit een constante stroom, die geleverd wordt door de stroombron, gevormd door de spanningsbron V in serie met de smoorspoel L. De secundaire wikkeling *2* is met zijn ene uiteinde verbonden met de spanningsbron $-V_B$, en met zijn andere uiteinde S met de selectieschakelaars $T\text{-}R$ en $T\text{-}W$. De weerstand R en de diode D verhinderen het ontstaan van een hoge spanning bij het verbreken van de secundaire stroom.

In fig. 2 is zo'n schakelring afgebeeld. Door de primaire wikkeling (fig. 20) vloeit een constante stroom geleverd door een stroombron van conventionele uitvoering — nl. bestaande uit een spanningsbron in serie met een smoorspoel —, en zo sterk dat hij de stroom constant houdt, ongeacht de gebeurtenissen aan de secundaire kant van de transformator. Van de secundaire kant kan men de transformator derhalve opvatten als smoorspoel. De primaire stroom is zo groot dat de ferroxcubering verzadigd is; de zelfinductie van de smoorspoel is dan slechts gering. Wordt het punt S met aarde verbonden (door het sluiten van twee selectieschakelaars), dan gaat een secundaire stroom vloeien die zeer snel toeneemt, daar de zelfinductie van de smoorspoel gering is.

[13]) Zie ook: H. van der Heide, H. G. Bruijning en H. P. J. Wijn, Schakeltijden bij ferrieten met rechthoekige hysteresislus, Philips techn. T. **18**, 341-352, 1956.



a *b* *c*

Fig. 21. Oscillogrammen van een stroomimpuls, geleverd door de stroombron van fig. 20, als in geen enkele ring de magnetisatie omklapt (*a*) en als in 44 ringen de magnetisatie omklapt (*b*). Dat deze stroomimpulsen vrijwel gelijk zijn, blijkt als ze in één oscillogram worden opgenomen (*c*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De secundaire wikkeling is echter zo op de kern aangebracht dat de secundaire stroom het veld van de primaire stroom verzwakt. Is de secundaire stroom zo groot geworden dat de kern niet langer verzadigd is, dan neemt de zelfinductie van de smoorspoel zeer sterk toe. Vanaf dit ogenblik groeit de secundaire stroom nog slechts langzaam aan. Na verloop van enige tijd zou echter deze stroom toch zo groot zijn geworden dat de ferroxcubering verzadigd zou zijn, nu in de richting tegengesteld aan de oorspronkelijke. Dan zou de secundaire stroom snel verder aangroeien. De schakeling moet dan ook zo worden gedimensioneerd dat de selectieschakelaars weer zijn geopend voor deze nieuwe verzadiging wordt bereikt [14]).

Als de secundaire stroom verbroken wordt, keert de kern snel in zijn oorspronkelijke verzadigingstoestand terug. De fluxvariatie waarmee dit gepaard gaat, induceert in de secundaire winding een hoge spanningspiek van dezelfde polariteit als de batterijspanning $-V_B$. Men moet maatregelen nemen om te voorkomen dat deze spanning over de transistors komt te staan. Daarom is een diode, met een weerstand in serie, parallel met de secundaire wikkeling aangebracht. Hierdoor wordt de genoemde spanningspiek kortgesloten.

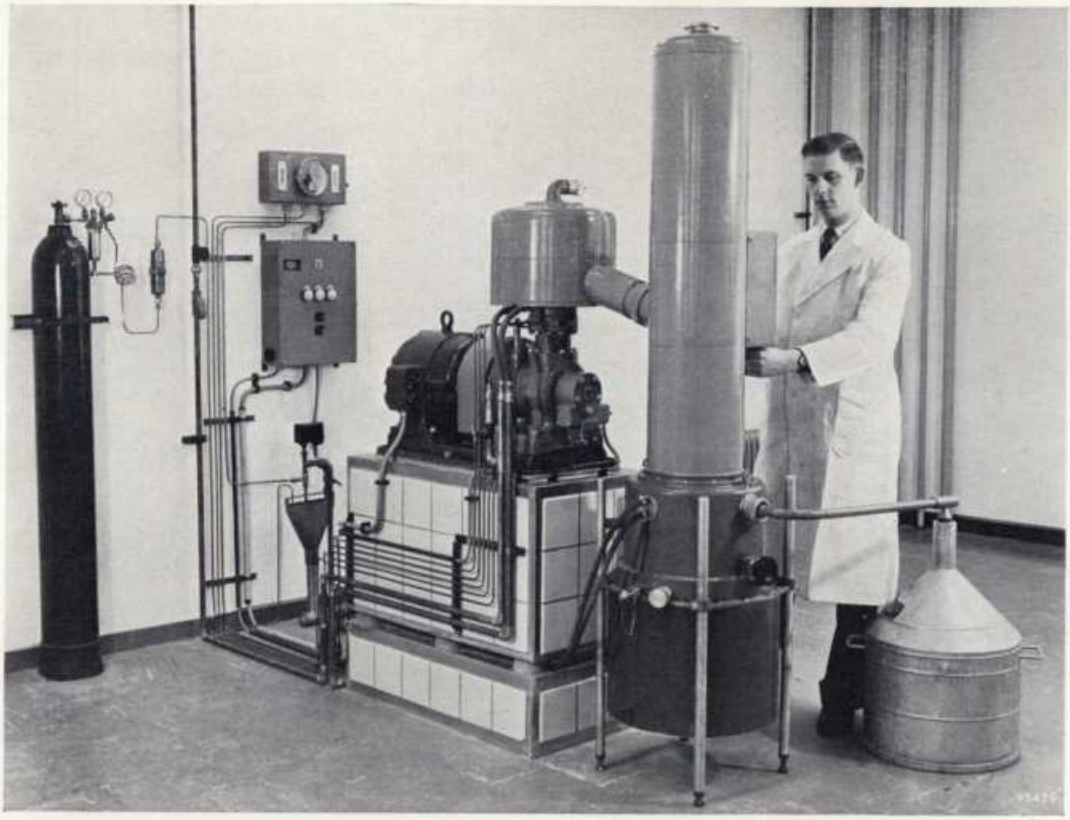
De oscillogrammen van een stroomimpuls die respectievelijk optreedt als in geen enkele en als in alle 44 geheugenringen van een woord de magnetisatie omklapt (*fig 21*), demonstreren de goede werking van de schakeling.

[14]) De mogelijkheid om een ferrietkern op de beschreven wijze te gebruiken, werd geopperd door Th. Tulp van het Philipslaboratorium te Eindhoven.

Samenvatting. Het artikel geeft eerst een overzicht van enige geheugentypen die in gebruik zijn in rekenmachines, telefooncentrales, enz. nl.: ponskaarten, magnetische trommels, vertragingslijnen, elektrostatische geheugens, en magneetringgeheugens. De laatstgenoemde worden vervolgens meer in detail besproken. Hun werking berust op het gebruik van grote aantallen kleine ringen van een ferroxcubesoort met een rechthoekige hysteresislus. Elektrische draden, gevlochten door de ringen, geleiden de stroom- en spanningsimpulsen die nodig zijn voor het registreren en het lezen van de informatie. Het vlechten kan op verschillende manieren gebeuren. Overwegingen betreffende stoorimpulsen als gevolg van een niet-exacte rechthoekigheid van de hysteresislus leiden tot een bepaald systeem van vlechten: het systeem Cambridge. In het Philipslaboratorium te Eindhoven is dit systeem verder ontwikkeld. Er wordt een uitvoering beschreven waarbij ringetjes van ferroxcube 6D3 zijn gebruikt. Dit geheugen bevat 1024 woorden van 44 bits; het bijzondere ervan is dat de „cyclustijd" slechts 3 μsec behoeft te bedragen, dat is ca. $^1/_3$ van de waarde die tot dusver bij dergelijke geheugens normaal was. Dit wordt bereikt door te voorkomen dat parasitaire impulsen de uitgangsversterkers blokkeren. De versterkers worden namelijk, als een parasitaire impuls arriveert, door middel van een als schakelaar gebruikte transistor geïsoleerd. In iedere uitgangsversterker wordt in een tweede, eveneens als schakelaar gebruikte transistor, profijt getrokken van de omstandigheid dat een transistor de uit het geheugen gelezen informatie gedurende enige μsec kan bewaren. De flipflaps van het bufferregister krijgen zodoende gelegenheid hun voorafgaande taak te voltooien alvorens zij de informatie uit de uitgangsversterkers overnemen. Een derde bijzonderheid is de manier waarop de stroomimpulsen voor het lezen en voor het herstel van de informatie onafhankelijk worden gemaakt van het aantal ringen waarvan de magnetisatie tegelijk omklapt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de omstandigheid dat de zelfinductie van een smoorspoel sterk afneemt als de kern van de spoel verzadigd wordt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



EEN KLEINE LUCHTSPLITSINGSINSTALLATIE MET KOUDGASKOELMACHINE VOOR HET MAKEN VAN VLOEIBARE STIKSTOF

door J. van der STER en J. W. L. KÖHLER. 621.573.049.2:546.17-14

Door het ter beschikking komen van de koudgaskoelmachine is het mogelijk geworden een eenvoudige en economisch werkende installatie te construeren voor het produceren van zuivere vloeibare stikstof uit atmosferische lucht.

In onderstaand artikel wordt een beschrijving gegeven van de werking en de constructie van een dergelijke installatie, die ontwikkeld is in de Philipslaboratoria te Eindhoven en binnenkort in de handel gebracht zal worden.

Het gebruik van vloeibare lucht en vloeibare stikstof in laboratoria en in de industrie is de laatste jaren sterk toegenomen. Deze zeer koude vloeistoffen, die een temperatuur hebben van respectievelijk ca. —194 °C en —196 °C, worden voornamelijk gebruikt voor koeldoeleinden. Dit geschiedt o.a. in de vacuümtechniek (absorptie van restgassen bij lage temperatuur), bij het onderzoek van de eigenschappen van een stof bij lage temperatuur, het maken van krimpverbindingen, het invriezen van een chemisch evenwicht enz.

Kleine hoeveelheden vloeibare lucht kan men op eenvoudige en goedkope manier maken met de koudgaskoelmachine [1]). Daar echter bij het werken met vloeibare lucht zekere voorzorgsmaatregelen in acht moeten worden genomen, aangezien het contact met brandbare stoffen onder bepaalde omstandigheden gevaar kan opleveren, geeft men soms de voorkeur aan het gebruik van vloeibare stikstof boven het gebruik van vloeibare lucht. Ook indien men aan de constantheid van de temperatuur van een koelbad hoge eisen stelt, is het gebruik van vloeibare stikstof te prefereren. Uiteraard kan men vloeibare stikstof maken door met behulp van de koudgaskoelmachine stikstof uit een fles te condenseren. Dit heeft echter het nadeel dat er, indien men continu wil werken, vrij veel gasflessen aangevoerd moeten worden.

De installatie die onderwerp is van dit artikel, kan vloeibare stikstof produceren uitgaande van atmosferische lucht. Deze installatie, die geheel automa-

[1]) Voor een beschrijving van de grondslagen en de constructie van de koudgaskoelmachine, zie J. W. L. Köhler en C. O. Jonkers, Philips techn. T. **16**, 33-43 en 61-71, 1954.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

tisch werkt, bestaat in hoofdzaak uit een koudgaskoelmachine en een gassplitsingskolom, en levert per uur 4 tot 5 liter vloeibare stikstof. Ze onderscheidt zich van andere luchtsplitsingsinstallaties vooral hierin dat compressie van de lucht *niet* plaats vindt. De installatie is dientengevolge licht en eenvoudig van constructie en bovendien klein.

Alvorens de installatie te bespreken, zullen we in het kort de natuurkundige grondslagen van de gassplitsing en de bouw en de werking van een gassplitsingskolom behandelen.

Het splitsen van een gasmengsel in zijn componenten

Natuurkundige grondslagen

Indien men, bij constante druk, het kookpunt bepaalt van een aantal mengsels van b.v. vloeibare zuurstof en stikstof, en men bepaalt van dampmengsels het dauwpunt (d.i. de temperatuur waarbij, indien men afkoelt, condensatie optreedt), dan blijkt dat het kookpunt van een zeker vloeistofmengsel niet samenvalt met het dauwpunt van een dampmengsel met dezelfde samenstelling; het dauwpunt is steeds hoger dan het kookpunt. In een temperatuur-samenstellingsdiagram (T,x-diagram, *fig. 1*) vormen de bij de diverse samenstellingen behorende dauwpunten gezamenlijk de zg. dauwlijn V en de kookpunten de zg. vloeistoflijn L. Geheel links en geheel rechts in de figuur, waar de concentratie van een der componenten 100% is, komen beide lijnen samen in een punt waarvan de ordinaat het kookpunt van deze component geeft.

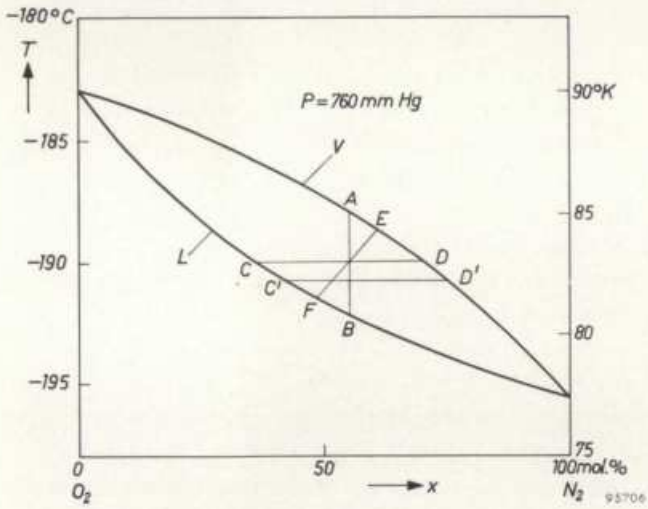


Fig. 1. Temperatuur-samenstellingsdiagram voor zuurstof-stikstofmengsels onder een druk van 1 atm. Horizontaal is uitgezet het percentage stikstof (x), verticaal de temperatuur (T). De kromme V geeft het verloop van het dauwpunt, de kromme L het verloop van het kookpunt. Het dauwpunt van een damp van zekere samenstelling ligt steeds hoger dan het kookpunt van een vloeistof met dezelfde samenstelling. Uitgaande van een hoeveelheid kokende vloeistof en een hoeveelheid warmere (verzadigde) damp, bereikt men steeds een evenwichtstoestand (gelijke temperatuur) waarbij de damp rijker aan stikstof en de vloeistof rijker aan zuurstof is geworden.

Uit dit diagram kan men zien dat, indien een vloeistof- en een dampmengsel met elkaar in evenwicht zijn (druk en temperatuur gelijk), de damp in ons voorbeeld meer stikstof bevat dan de vloeistof (in fig. 1 b.v. gekarakteriseerd door resp. de punten D en C). Voegt men anderzijds een (kokend) vloeistof- en een (verzadigd) dampmengsel van dezelfde samenstelling bij elkaar, dan is, zoals reeds boven werd vermeld, de vloeistof kouder dan de damp (resp. punt B en punt A). De damp zal dus aan het vloeistofoppervlak willen condenseren. De neiging daartoe is bij de zuurstof het grootst, omdat zuivere zuurstof bij een 13° hogere temperatuur condenseert dan zuivere stikstof. Het gevolg is dat na het tot stand komen van het evenwicht, de damp meer stikstof en de vloeistof meer zuurstof is gaan bevatten. Welke eindtoestand bereikt wordt, b.v. gekarakteriseerd door de punten C en D of door C' en D', hangt af van de verhouding tussen de hoeveelheden vloeistof en damp waarmee men begon. Evenzo kan men een bepaalde toestand, b.v. C-D, bereiken, uitgaande van damp- en vloeistofmengsels van ongelijke samenstelling, b.v. gekarakteriseerd door E en F.

Indien het systeem overgaat naar een evenwichtstoestand vanuit een niet-evenwichtstoestand waarbij de damp warmer is dan de vloeistof, wordt dus steeds de damp rijker aan stikstof en de vloeistof rijker aan zuurstof. Hiervan kan men gebruik maken om een mengsel in zijn componenten te splitsen. In de techniek geschiedt dit door middel van een zg. gassplitsingskolom.

Bouw en werking van een gassplitsingskolom

Een gassplitsingskolom is in het algemeen een verticale buis waarin zich een aantal horizontale zg. schotels bevindt en waarin een zekere temperatuurgradiënt in stand gehouden wordt (boven koud, beneden warm). In de buis bewegen zich een vloeistofstroom van boven naar beneden en een dampstroom van beneden naar boven. Beide stromen passeren de schotels. Deze zijn zo geconstrueerd dat ze een zeer intensief contact tussen vloeistof en damp tot stand brengen. Bij het verlaten van een schotel zijn vloeistof en damp dientengevolge met elkaar in evenwicht, ook indien dit voordien niet het geval was (zie *fig. 2*).

Fig. 3a stelt schematisch een deel van een dergelijke kolom voor. De streeplijnen p, q en r representeren drie schotels die zich daarin bevinden. De vloeistof- en dampstromen naar en van de schotels zijn door pijlen voorgesteld. Fig. 3*b* toont een tem-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

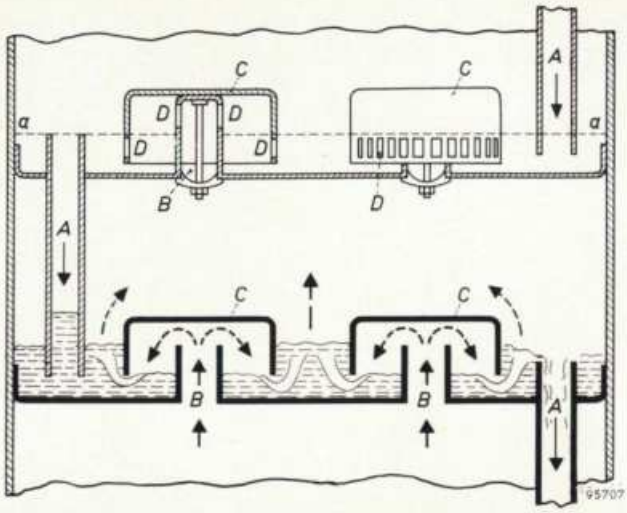


Fig. 2. Schematische voorstelling van een deel van een gassplitsingskolom, met twee schotels. De tekening van de bovenste schotel geeft een indruk van de geometrie en de constructie van een der vele mogelijke uitvoeringsvormen, de onderste van de wijze waarop damp en vloeistof de schotel passeren. *A* overlooppijpen, *B* openingen voor damptoevoer, *C* klok, *D* openingen in de klok waardoor de damp kan passeren, *a-a* vloeistofspiegel indien er geen damp passeert.

peratuur-samenstellingsdiagram waarin de door diverse letters aangeduide punten de eigenschappen van de in fig. 3*a* met diezelfde letters aangeduide vloeistof- of dampmengsels voorstellen. Daar er in de kolom, zoals gezegd, een temperatuurgradiënt bestaat, is de temperatuur van de vloeistof (*E*) die naar de schotel *q* toe stroomt, iets lager dan de temperatuur van de damp (*N*) die deze schotel in opwaartse richting bereikt. Na het passeren van de schotel is evenwicht bereikt, d.w.z. in fig. 3*b* hebben de punten *E* en *N* zich naar *F* resp. *O* bewogen. De vloeistof is rijker geworden aan de minder vluchtige component, de damp aan de andere. De damp stroomt daarna verder naar schotel *p*, waar

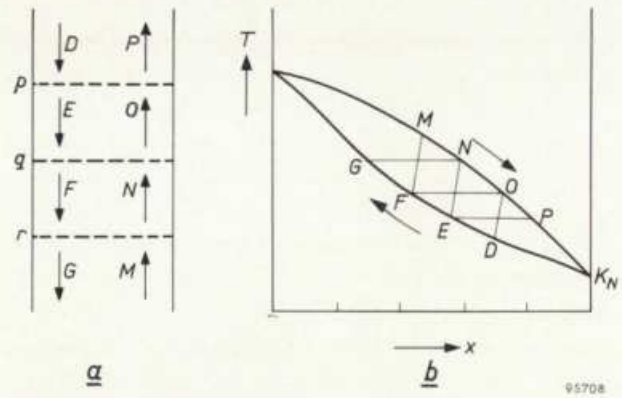


Fig. 3. Het splitsen van een gasmengsel. *a*) Schematische voorstelling van een deel van een gassplitsingskolom, met drie schotels (*p*, *q* en *r*). Indien er in de kolom een temperatuurgradiënt bestaat (boven koud, beneden warm), veranderen de neergaande vloeistof en de opstijgende damp bij iedere schotel van concentratie. *b*) *T,x*-diagram. De door hoofdletters aangegeven punten karakteriseren de eigenschappen van de damp of vloeistof op de plaatsen die in fig. 3*a* met dezelfde letter zijn aangeduid. De vloeistof wordt steeds rijker aan de minder vluchtige component, de damp aan de andere ($x = 100\,\%$).

het gehalte opnieuw toeneemt (*P*), de vloeistof wordt op schotel *r* weer rijker aan de minder vluchtige component (*G*), enz. Het punt dat in fig. 3*b* de damp karakteriseert, loopt dus naarmate de damp verder stijgt, langs de damplijn naar rechts. Uiteindelijk bereikt het nagenoeg het punt K_N, d.w.z. aan de top van de kolom bestaat de damp vrijwel uitsluitend uit de vluchtigste component.

Het te splitsen dampmengsel wordt ongeveer op halve hoogte aan de kolom toegevoerd en is van te voren ongeveer op de daar heersende temperatuur gebracht. Het zal daarna aan het bovenbeschreven proces deelnemen en dus gesplitst worden in zijn componenten. Aan de top van de kolom kan men de vluchtigste component van het toegevoerde mengsel afnemen (het zg. topprodukt) en aan de bodem de andere component (het bodemprodukt).

In kleine kolommen gebruikt men in plaats van schotels vaak een of andere vulmassa, waarmee men de kolom eenvoudig volstort. Deze massa moet, evenals een schotel, een goed contact tussen damp en vloeistof tot stand brengen, met andere woorden damp en vloeistof moeten homogeen over het oppervlak verdeeld blijven, terwijl de oppervlakte per volume-eenheid groot moet zijn. Indien men grote kolommen een dergelijke vulling geeft, treedt er dikwijls beekvorming op, waardoor de werking nadelig wordt beïnvloed. Om economische redenen en om genoemd verschijnsel te vermijden, worden grote kolommen vrijwel steeds met schotels uitgerust.

Ten einde de dalende vloeistofstroom in stand te houden, moet men een deel van het topprodukt na condensatie naar de kolom terugvoeren. Het is voor de goede werking van een kolom noodzakelijk dat de verhouding tussen deze zg. reflux en de afgevoerde fractie van het topprodukt een zekere minimumwaarde overschrijdt. In een volgend hoofdstuk komen we hierop terug. Ten aanzien van het bodemprodukt geldt iets analoogs: een deel ervan wordt afgevoerd, een ander deel gaat weer in dampvorm in de kolom omhoog.

Het is duidelijk dat voor het condenseren van het topprodukt warmte moet worden afgevoerd en dat voor het verdampen van een deel van het bodemprodukt warmte moet worden toegevoerd. Gegeven het te scheiden mengsel, d.w.z. gegeven de temperaturen die onder en boven in de werkende kolom heersen, is het de taak van de ontwerper deze warmteafvoer resp. -toevoer op de meest economische wijze te doen geschieden. Indien de temperatuur van de kolom boven kamertemperatuur ligt (zoals b.v. bij de gefractioneerde destillatie van minerale olieën), kan de koeling meestal geschieden door middel van leidingwater en de verhitting door

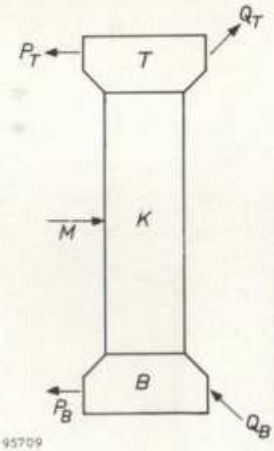
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

stoom. Het probleem is dan eenvoudig. In het geval van de splitsing van lucht, die bij ongeveer —190 °C plaatsvindt — onder aan de kolom moet de temperatuur —183 °C bedragen en bovenaan —196 °C —, bepaalt de wijze waarop de vereiste koude geproduceerd en getransporteerd wordt, het rendement en de eenvoud van de installatie.

De natuurkundige achtergrond van het zojuist aangestipte warmtetechnische probleem zullen we iets nader uiteenzetten aan de hand van *fig. 4*. Deze figuur stelt schematisch een gassplitsingskolom K voor, met daarboven een condensor T, die de reflux produceert, en eronder een kookvat B, waarin een deel van het bodemprodukt verkookt wordt ten einde de opstijgende dampstroom in stand te houden. Condensor en kookvat bevinden zich resp. op de temperaturen T_T en T_B, waarbij $T_T < T_B$. Het mengsel wordt toegevoerd bij M; zijn componenten, P_T en P_B, verlaten de installatie resp. via T en B. Voor het condenseren van de reflux moet in de stationaire toestand een warmtestroom Q_T de condensor verlaten en voor het verkoken van een deel van het bodemprodukt moet een warmte stroom Q_B naar het kookvat toe vloeien.

Indien P_T en P_B de installatie beide gasvormig verlaten, is in eerste benadering $Q_T = Q_B$. Het splitsen van een gasmengsel vereistdus slechts het bestaan van een warmtestroom in het geschetste deel van de installatie. Voor het in stand houden van deze warmtestroom is een apparatuur nodig die zich



95709

Fig. 4. Toevoer en afvoer van warmte bij een gassplitsingsinstallatie. K kolom, B kookvat, T condensor. Het te splitsen mengsel wordt toegevoerd bij M; P_T topprodukt (mol/s), P_B bodemprodukt (mol/s), Q_B warmte toegevoerd aan B (J/s), Q_T warmte onttrokken aan T (J/s).

buiten het geschetste deel van de installatie bevindt, en die per seconde een hoeveelheid warmte Q_T ($\approx Q_B$) van T naar B, d.w.z. van een relatief koud naar een relatief warm punt, transporteert. Hiertoe moet aan deze apparatuur uiteraard mechanische energie worden toegevoerd (tweede hoofdwet).

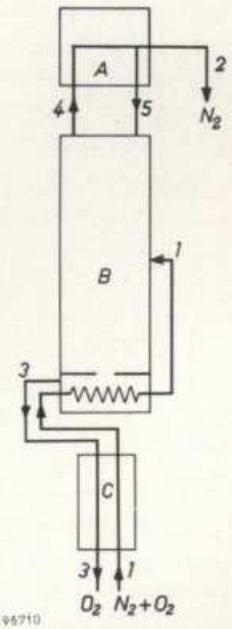
Indien men het topprodukt vloeibaar wil afvoeren, moet Q_T met de condensatiewarmte van het topprodukt worden verhoogd. Evenzo moet, indien men het bodemprodukt vloeibaar wil afvoeren, Q_B met de condensatiewarmte daarvan verlaagd worden.

In luchtsplitsingsinstallaties heeft men tot nu toe het toevoeren van warmte aan B en het onttrekken van warmte aan T op ingenieuze doch ingewikkelde wijze gerealiseerd door condensatie van damp, resp. verdamping van vloeistof. Deze media zijn de te splitsen lucht of een van zijn componenten zelf; de lucht moet derhalve gecomprimeerd worden [2]).

[2]) Uitvoerige verhandelingen hierover vindt men in Handbuch der Kältetechnik, dl. 8, Springer, Berlijn, 1957, en in M. Ruhemann, The separation of gases, Oxford University Press, 1945. Zie ook: H. C. A. Holleman, Philips techn. T. 4, 136-144, 1939.

Het principe van de nieuwe installatie voor het maken van vloeibare stikstof

Aan de hand van *fig. 5* bespreken we thans het schema dat ten grondslag ligt aan de nieuwe installatie en waarvan de toepassing eerst mogelijk is



95710

Fig. 5. Schema van de installatie voor vloeibare stikstof. A koudgaskoelmachine, B luchtsplitsingskolom, C warmte-uitwisselaar, tevens water- en koolzuurafscheider. De in het benedengedeelte van B (het kookvat) verdampende zuurstof verlaat de installatie via C (*3*), koelt daar de toestromende lucht (*1*) af en komt daarbij zelf op kamertemperatuur. De lucht wordt tegen het kookvat verder afgekoeld, en wordt ergens tussen bodem en top aan de kolom toegevoerd. Aan de top ontwijkt verzadigde stikstofdamp (*4*). De koelmachine condenseert deze; een deel van het condensaat wordt afgetapt (*2*), een ander deel vloeit naar de kolom terug (*5*).

geworden door het verschijnen van de koudgaskoelmachine. In de figuur is het element A de koudgaskoelmachine, het element B de luchtsplitsingskolom en het element C een warmte-uitwisselaar, die tevens als water- en koolzuurafscheider fungeert. Toegevoerd wordt lucht (*1*), onttrokken worden vloeibare stikstof (*2*) en gasvormige (onzuivere) zuurstof (*3*). De te splitsen lucht wordt door de uit de kolom afgeblazen zuurstof voorgekoeld in de warmte-uitwisselaar C, en daar ook gedeeltelijk gedroogd. Door warmte-uitwisseling met de vloeibare zuurstof onder in de kolom wordt de lucht nog verder afgekoeld en daarbij tevens bevrijd van de resterende waterdamp en van koolzuur. Vervolgens wordt ze op een geschikt punt tussen top en bodem toegevoerd aan de luchtsplitsingskolom. De vrijwel zuivere stikstofdamp, die uit de kolom ontwijkt (*4*), wordt door de koudgaskoelmachine gecondenseerd. Van het condensaat gaat een deel terug naar de kolom als reflux (*5*), de rest wordt als produkt afgevoerd (*2*). Door het afkoelen van de lucht in het onderste deel van de kolom (het zg. kookvat) verdampt daar vloeibare zuurstof. Een deel van de damp die daarbij ontstaat, gaat naar de kolom terug, de rest wordt via C naar buiten geblazen.

Men zal opmerken dat, terwijl de kolom aan de top stikstofdamp levert en aan de bodem vloeibare zuurstof, de produkten die de installatie verlaten, juist vloeibare stikstof — het gewenste produkt —

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en gasvormige zuurstof zijn. Indien men de vloeibare zuurstof aan de bodem zou aftappen, zou de daarin opgeslagen „koude" niet gebruikt kunnen worden om de toestromende lucht af te koelen. De consequentie daarvan zou zijn dat de produktie van vloeibare stikstof daalt. Dit is direct in te zien indien men bedenkt dat enerzijds de koudeproduktie van de koelmachine constant is, en anderzijds de koude de installatie slechts in de vorm van vloeibare produkten verlaat. Onmogelijk is het aftappen van de zuurstof dus niet. Het produceren van ca. 1 deel vloeibare zuurstof tegen 4 delen vloeibare stikstof zal echter slechts zelden beantwoorden aan de behoeften van de gebruiker.

In het volgende hoofdstuk zullen we nagaan welke consequenties de keus van het juist beschreven schema heeft voor de refluxverhouding.

Voordat de installatie kan werken, moet ze uiteraard afgekoeld worden tot de werktemperatuur, die immers tussen —196 °C en —183 °C ligt. Hiertoe wordt lucht via een aparte water- en koolzuurafscheider direct aan de koudgaskoelmachine toegevoerd en door deze machine gecondenseerd [3]). De vloeibare lucht stroomt naar de kolom en koelt daar door verdamping het binnenwerk af.

Nadere beschouwing van de refluxverhouding

We berekenen thans allereerst de minimale refluxverhouding die voor de goede werking van een gassplitsingskolom vereist is. We doen dit uitgaande van de massabalans voor het deel van een kolom dat zich tussen het invoerpunt en de top bevindt.

In *fig. 6* is schematisch het bovenstuk van een kolom getekend. De pijlen daarin stellen de diverse stromen voor, de streeplijnen de schotels die zich juist boven resp. onder het invoerpunt bevinden. De letters tussen haakjes stellen de concentraties van de lichte — d.w.z. de vluchtigste — component voor. Aan de kolom worden per seconde F mol van het te splitsen mengsel toegevoerd, en wel in de vorm van een verzadigde damp. Het gehalte aan lichte component (dit is in ons geval dus stikstof) daarvan zij z_F. Na condenseren van het topprodukt (concentratie z_T) worden daarvan per seconde T mol afgetapt en L mol naar de kolom teruggevoerd. Ter vereenvoudiging nemen we aan dat de kolom geen warmte uit de omgeving opneemt noch daaraan afstaat, en verder veronderstellen we dat de molaire verdampingswarmte van de twee componenten dezelfde is. In dit geval is de dalende vloeistofstroom over de gehele hoogte van de kolom even groot; de samenstelling verandert natuurlijk wèl met de hoogte. Tegen deze vloeistofstroom in stroomt damp, en wel beneden het invoerpunt $(V—F)$ mol, daarboven V mol per seconde.

In de stationaire toestand zal ophoping van een der componenten niet optreden, d.w.z. voor het omlijnde gedeelte in fig. 6 geldt dat er van elke component evenveel in komt als eruit gaat. Voor de stikstof levert dit de betrekking: $T \times z_T = V \times z - L \times y$, en voor de zuurstof en de stikstof samen: $T = V - L$. Hieruit kan de refluxverhouding r, die immers gelijk aan L/T is, berekend worden. Men vindt:

$$r = \frac{z_T - z}{z - y} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

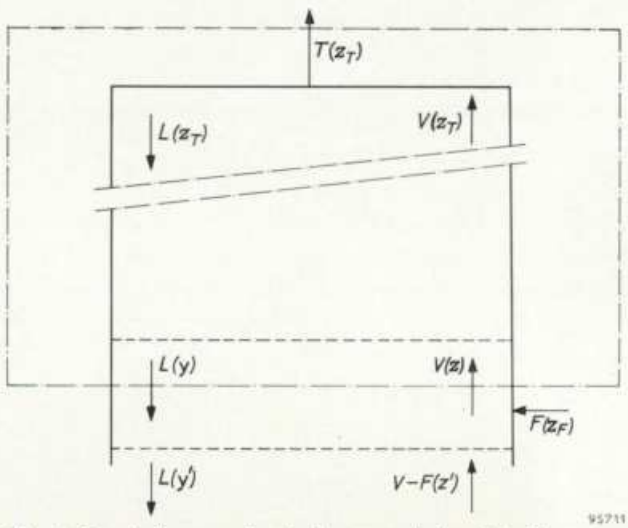


Fig. 6. Massabalans van het deel van een kolom dat zich tussen het invoerpunt en de top bevindt, geldend voor het geval dat de molaire verdampingswarmte van beide componenten dezelfde is. De damp- en de vloeistofstroom variëren dan niet met de hoogte van de kolom (V resp. L mol/s). F mol van het te splitsen mengsel stromen per seconde toe; de dampstroom beneden het invoerpunt is $V—F$. De stroom van het afgetapte topprodukt is T. De streeplijnen stellen de schotels voor die zich juist onder resp. juist boven het invoerpunt bevinden. De concentratie van de lichte component, die van schotel tot schotel verandert, is tussen haken genoteerd.

In de evenwichtstoestand heeft de kolom zich zó ingesteld dat de damp die van de schotel juist onder het invoerpunt komt, dezelfde concentratie heeft als het te scheiden mengsel. Hieruit volgt dat z dan gelijk is aan z_F, zodat de formule voor de refluxverhouding overgaat in:

$$r = \frac{z_T - z_F}{z_F - y} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Een soortgelijke overweging leert ons iets naders omtrent de waarde van y en leidt tot de minimum-

[3]) Het is in de aanloopperiode niet mogelijk de lucht langs de normale weg via de warmte-uitwisselaar en het kookvat te voeren. Deze elementen zijn dan nog niet koud en vangen dus geen water en koolzuur, zodat elders in de installatie verstopping zou kunnen ontstaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voorwaarde voor r. In een werkende kolom moet bij het opstijgen de damp steeds rijker en de vloeistof bij het omlaagstromen steeds armer aan lichte component worden, met andere woorden y moet groter zijn dan y' (zie fig. 6). De concentratie y' echter geldt voor de vloeistof die afkomstig is van de schotel die zich juist onder het invoerpunt bevindt. Deze vloeistof is in evenwicht met de damp met concentratie z_F. De waarde van y' ligt dus vast en kan bij gegeven z_F uit het T,x-diagram (vgl. fig. 1) worden afgelezen. Deze waarde zullen we y_{z_F} noemen. De kolom kan alleen goed werken, d.w.z. een topprodukt met concentratie z_T leveren, indien y groter is dan y_{z_F}, d.w.z. indien r groter is dan de waarde r_0 die gegeven wordt door de vergelijking:

$$r_0 = \frac{z_T - z_F}{z_F - y_{z_F}}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Indien men door het splitsen van lucht ($z_F = 0{,}78$) zuivere stikstof ($z_T = 1{,}00$) wenst te maken, wordt r_0 volgens formule (3) gelijk aan 0,7. Een exacte berekening, waarbij met de werkelijke waarde van de molaire verdampingswarmten gerekend wordt, levert voor r_0 de waarde 0,8 op [4]). Dit betekent dat men, om één mol stikstof af te kunnen tappen, minstens 0,8 mol vloeibare N_2 als reflux aan de kolom moet terugvoeren; voor elke liter vloeistof die afgetapt wordt, moet dus minstens 1,8 liter gecondenseerd worden.

De in een bepaald geval vereiste waarde van r, preciezer gezegd: de mate waarin r de waarde r_0 moet overschrijden, hangt samen met de lengte welke men de kolom wil geven. De voorwaarde $r > r_0$ werd immers gevonden, uitgaande van de voorwaarde $y > y'$. Indien nu r tot r_0 nadert, nadert y tot y', d.w.z. de concentratiewinst per schotel nadert tot nul. In het geval $r = r_0$ zijn er dus oneindig veel schotels nodig om de scheiding te bewerkstelligen. In de praktijk past men altijd een overmaat aan reflux toe, om de afmetingen van de kolom binnen redelijke grenzen te houden.

De refluxverhouding bij de nieuwe installatie

Bij een installatie die werkt volgens het schema van fig. 5, is men niet vrij in de keus van r; integendeel, r ligt zelfs geheel vast. Ten einde na te gaan welke factoren de refluxverhouding hier bepalen en hoe groot de waarde van r voor de nieuwe installatie is, maken we een warmtebalans op. We doen dit aan de hand van het blokschema van *fig.* 7. De elementen A, B en C daarin zijn, evenals in fig. 5, resp. de koudgaskoelmachine, de kolom en de warmte-uitwisselaar.

Naar de installatie stroomt lucht van kamertemperatuur (1*a* en 1*b*), eruit komen zuurstof van dezelfde temperatuur (*2*) en vloeibare (kokende) stikstof (*6*). De hoeveelheden zuurstof en stikstof die de installatie binnengaan, zijn gelijk aan die

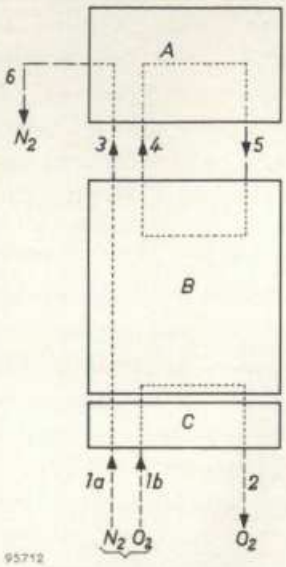


Fig. 7. De warmtebalans van de installatie. *A* koudgaskoelmachine, *B* kolom, *C* warmte-uitwisselaar, *1* toestromende lucht (*1a* stikstof, *1b* zuurstof), *2* afgeblazen zuurstof; de stromen *1b* en *2* compenseren elkaar thermisch. De stroom *1a* is even groot als de stromen *3* en *6* die de aftapbare fractie van het topprodukt voorstellen; per mol voert deze stroom 6190 joules toe. De stroom *4* is de fractie van het topprodukt die na condenseren als reflux fungeert. De stromen *4* en *5* kunnen beschouwd worden als een kringloop van een zekere hoeveelheid stikstof van constante temperatuur. Per mol onttrekt deze kringstroom 5600 joule (de verdampingswarmte van stikstof) aan de kolom.

welke eruit komen. De zuurstof uit de aangezogen lucht (1*b*) en de afgeblazen zuurstof (*2*) compenseren elkaar thermisch volkomen; we kunnen ze voor de warmtebalans buiten beschouwing laten. De stikstof, die te zijner tijd de installatie als produkt zal verlaten, is bij het aanzuigen op kamertemperatuur, maar verlaat de kolom als verzadigde damp van —196 °C (*3*). Deze afkoeling vereist de afvoer van 6390 joule per mol. Ten slotte beschouwen we de fractie van het topprodukt die niet afgetapt wordt (*4*), en de reflux (*5*). De stromen (*4*) en (*5*) vormen samen een kringloop van stikstof met de zuiverheid van het topprodukt. Gedurende de hele kringloop verandert de temperatuur van deze stikstof niet. Wel echter wordt ze steeds in *A* gecondenseerd en verdampt ze weer in *B*. Hierdoor worden per mol reflux 5600 joule aan *B* onttrokken. Indien we bedenken dat met 1 mol afgevoerd produkt r mol reflux corresponderen, dan worden dus per mol produkt 5600 r joule aan de kolom onttrokken. In de toestand van thermisch evenwicht is deze energie juist gelijk aan de eerder genoemde 6390 joule, d.w.z. de refluxverhouding r heeft dan de waarde 1,14.

Deze waarde is aanzienlijk groter dan de minimaal vereiste refluxverhouding r_0, die immers ca. 0,8 was.

[4]) W. H. Keesom, Rapports et Communications no. 17, 6e Congrès International du Froid, Buenos Aires 1932, blz. 136, of: Communications from the Kamerlingh Onnes Laboratory at Leiden **19**, 1931/33, Comm. no. 69a. Verder idem **20**, 1931/33, Comm. no. 72a, en W. H. Keesom en W. Tuyn, idem **20**, 1931/33, Comm. no. 72b.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Uit het voorgaande blijkt dat voor een gassplitsingsinstallatie die werkt volgens het schema van fig. 5, de evenwichtswaarde van r geheel bepaald wordt door de thermische eigenschappen van het topprodukt, in ons geval dus stikstof. Zoals men zich herinnert, wordt de waarde van r_0 behalve door de vereiste zuiverheid van het topprodukt, bepaald door de samenstelling van het te splitsen mengsel en de vorm van het T,x-diagram. Uit dit alles kan geconcludeerd worden dat het zeer wel mogelijk is dat voor een bepaald gasmengsel de evenwichtswaarde van r kleiner is dan r_0. Het schema van fig. 5 — dat voor een luchtsplitsingsinstallatie die vloeibare stikstof moet leveren, bijzonder geschikt bleek — is dus niet universeel toepasbaar. Zo kan men een analoog schema b.v. niet gebruiken voor de produktie van zuivere vloeibare zuurstof uit lucht.

De regeling van de kolom

Voor een kleine installatie als de onderhavige is het van groot belang dat de bediening zo eenvoudig mogelijk is. Het is gelukt deze geheel te beperken tot het in werking stellen van het apparaat; de regeling ervan werkt volledig automatisch. Geregeld moeten worden twee stromen, te weten die van de te splitsen lucht en van de als afvalprodukt af te voeren zuurstof, en verder de verdeling van het gecondenseerde topprodukt in reflux en als produkt af te tappen vloeibare stikstof.

De eerstgenoemde stroom wordt in stand gehouden door de onderdruk, die in de installatie ontstaat ten gevolge van de condensatie van de verzadigde stikstofdamp. Er zijn nl. voorzieningen getroffen (zie hieronder) die het onmogelijk maken dat lucht de kolom kan bereiken langs een andere weg dan de gewenste. Daar ophoping van lucht uiteraard onmogelijk is, geschiedt het aanzuigen ervan in de juiste hoeveelheid; het construeren van een regelorgaan is hier niet nodig. Anders is dit in de overige gevallen. We zullen thans de diverse regelorganen bespreken aan de hand van *fig. 8*. Deze figuur geeft een schematische voorstelling van de kolom (*1*) plus het kookvat (*2*) en van de regelorganen; de meeste andere onderdelen van de installatie zijn terwille van de duidelijkheid weggelaten.

Afvoer van zuurstof

Daar er in de kolom een zekere onderdruk heerst, is het niet mogelijk de zuurstof eenvoudig af te blazen, indien kolom en kookvat met elkaar in open verbinding staan. Ten einde deze eenvoudige afvoermethode tòch te kunnen toepassen, is in de eerste plaats de installatie zó geconstrueerd dat de vloeistof uit de kolom het kookvat slechts kan bereiken via het vloeistofslot *3*. In de tweede plaats kan de fractie van de verdampte zuurstof die naar de kolom terugstroomt, deze slechts bereiken via de leiding *4*, waarin zich een regelbare stromingsweerstand bevindt. Deze weerstand — een relatief wijde kraan — wordt zo ingesteld dat het drukverval erover zo groot is dat de druk in het kookvat boven die van de atmosfeer komt. De zuurstof wordt dan automatisch afgeblazen.

De hoeveelheid zuurstof die er verkookt, d.w.z. de overdruk in het kookvat, is ongeveer evenredig met de aangezogen hoeveelheid lucht. Deze lucht

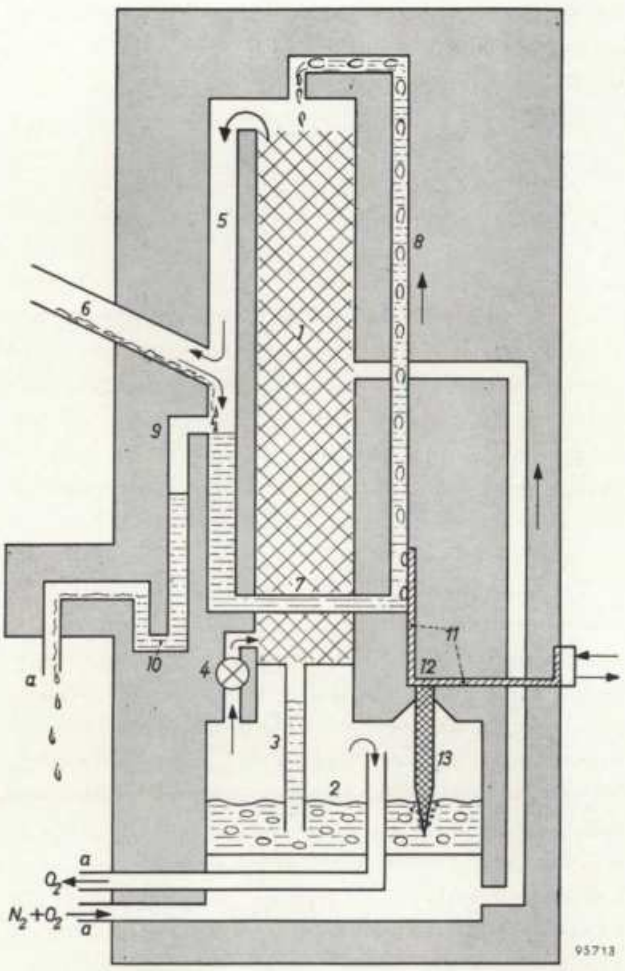


Fig. 8. De regeling van de kolom. De bodemvloeistof kan slechts van de kolom *1* naar het kookvat *2* stromen via het vloeistofslot *3*. De in *2* verkokende zuurstof gaat deels terug naar de kolom via de als variabele stromingsweerstand fungerende kraan *4*. Deze wordt zo ingesteld dat de druk in *2* iets hoger wordt dan de atmosferische, zodat zuurstofdamp wordt afgeblazen. De verzadigde stikstofdamp die aan de top uit de kolom ontwijkt, bereikt de koelmachine via de buizen *5* en *6* en stroomt, na gecondenseerd te zijn, via *6* terug naar het benedengedeelte van buis *5*. De dampbellenpomp (*5*, *7*, *8*), die de reflux naar de top brengt, wordt „gestookt" door middel van de koperen strip *11*. De punt van de pen *13*, die daaraan bevestigd is, reikt tot in de vloeistof in het kookvat. Indien de reflux te groot is, stijgt de vloeistofspiegel in *2*, waardoor de pen méér warmte aan de strip *11* gaat onttrekken en de pomp langzamer gaat pompen. Het af te tappen produkt verlaat de kolom via de overstort *9* en het vloeistofslot *10*.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

immers levert de warmte die voor het verkoken van de vloeistof in het kookvat nodig is. Een variatie in de genoemde hoeveelheid lucht heeft dus automatisch een ongeveer gelijke (relatieve) verandering in de hoeveelheid afgeblazen zuurstof ten gevolge; met andere woorden: de verhouding tussen aangezogen hoeveelheid lucht en afgeblazen hoeveelheid zuurstof blijft ongeveer constant. Daar lucht 78 % stikstof bevat, moet ten minste 22 % van het aangezogen gasmengsel worden afgeblazen [5]). De weerstand wordt zo ingesteld dat 25-32 % wordt afgeblazen; de afgeblazen damp bestaat dus deels uit stikstof. Er wordt bij dezelfde produktie aan vloeibare stikstof dus meer lucht aangezogen dan het geval is indien men juist 22% zou afblazen. Men zou kunnen denken dat dit een zeker energieverlies meebrengt en het rendement van de installatie nadelig beïnvloedt. Dit is echter niet het geval en wel omdat de lucht niet gecomprimeerd wordt — men kan dus geen compressiearbeid verliezen! — en omdat het afvalprodukt weer opgewarmd wordt tot kamertemperatuur. Het instellen van de kraan mag dus betrekkelijk grof geschieden, wat de bediening van de installatie vergemakkelijkt.

De beschreven oplossing is gebleken ook bij zeer grote variaties in de produktie van de koelmachine, de vochtigheid van de lucht of de graad van vervuiling van de warmte-uitwisselaar uitstekend te voldoen.

Verdeling van de vloeibare stikstof in produkt en reflux

Daar de koelmachine in werkelijkheid niet boven de kolom is opgesteld, zoals fig. 5 zou kunnen suggereren, maar ernaast, moet de reflux naar de top van de kolom worden opgepompt. Hiervoor is gebruik gemaakt van een zg. *dampbellenpomp*. Dit is in principe niet anders dan een gedeeltelijk met vloeistof gevulde U-buis. In een der benen daarvan, de stijgbuis, „verdunt" men de vloeistof met dampbellen. Het soortelijk gewicht van de inhoud van dit been wordt daardoor kleiner, en de vloeistofspiegel zal dus stijgen (hoofdwet der hydrostatica). De dampbellen verkrijgt men door verkoken van de op te pompen vloeistof. Onder aan de stijgbuis moet daartoe warmte worden toegevoerd [6]).

In fig. 8 wordt de pomp gevormd door de buizen *5*, *7* en *8*. De verwarming van de stijgbuis geschiedt door middel van de koperen strip *11*. Het ene uiteinde daarvan is onderaan buis *8* bevestigd, langs het andere einde stroomt leidingwater. De gang van zaken in de installatie is als volgt. De damp die de kolom aan de top verlaat, stroomt naar de koudgaskoelmachine door het bovengedeelte van de leiding *5* en de leiding *6*. Het condensaat keert door laatstgenoemde leiding terug en komt vervolgens terecht in het benedengedeelte van de leiding *5*. De hoogte van het niveau in deze leiding wordt in principe enerzijds bepaald door de verticale afstand tussen buis *7* en het hoogste punt van buis *8* en anderzijds door de mate waarin in buis *8* de vloeistof met dampbellen verdund wordt. Bij een bepaalde verdunning zal dit niveau juist overeenkomen met de plaats waar de overstort *9* is aangebracht. Is de verdunning groter, dan wordt dit niveau niet bereikt en wordt alle uit *6* komende vloeibare stikstof als reflux naar de kolom teruggevoerd. Is de verdunning kleiner, dan kan een deel — via *9* en het vloeistofslot *10* — de installatie verlaten.

Het gebruik van een dampbellenpomp voor het oppompen van de reflux biedt de mogelijkheid de juiste verdeling van het condensaat in produkt en reflux op eenvoudige wijze automatisch te doen geschieden, en wel door de warmtetoevoer te regelen. De verwarmingsstrip *11* is zodanig gedimensioneerd dat er aan de stijgbuis iets te veel warmte wordt toegevoerd. Aan deze strip nu is op het punt *12* een pen *13* bevestigd, die door het deksel van het kookvat gaat en tot in de vloeibare zuurstof reikt. De plaats van het punt *12* is zo gekozen dat de temperatuur ervan, indien het vloeistofniveau in het kookvat lager is dan het ondereinde van de pen, boven die van vloeibare zuurstof ligt. Is nu de reflux te groot, dan stijgt het niveau van de vloeistof in het kookvat. Dientengevolge daalt de temperatuur van het punt *12* en wordt er aan de pomp minder warmte toegevoerd. De pomp voert dan minder vloeistof omhoog, d.w.z. de reflux neemt af, tot de evenwichtstoestand bereikt is. Aan de pen is een zodanige vorm gegeven dat het systeem niet kan gaan oscilleren. Uiteraard is ervoor gezorgd dat de pen thermisch zo goed mogelijk geïsoleerd is van het deksel van het kookvat.

Het toepassen van een dampbellenpomp en van het zojuist beschreven regelsysteem bieden tevens het grote voordeel dat er geen bewegende delen in voorkomen.

De aanloopperiode

Gedurende de aanloopperiode zuigt de koelmachine, zoals reeds werd vermeld, direct lucht aan. De met *a* gemerkte openingen (fig. 8) zijn dan afgesloten. De vloeibaar gemaakte lucht stroomt via

---

[5]) Deze 22% zijn samengesteld uit 21% zuurstof en 1% argon. Daar de thermische eigenschappen van deze stoffen slechts weinig verschillen, gedraagt het argon zich in de installatie juist als zuurstof.

[6]) Op hetzelfde principe berust de zg. mammoetpomp, die in de olie-industrie veel wordt gebruikt. Hier echter „verdunt" men met een gas, dat b.v. door een poreuze wand in de vloeistof wordt geperst.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de buis *6* naar de kolom en verdampt daar. Hierdoor stroomt lucht door *6* terug naar de condensor, wordt vloeibaar gemaakt en stroomt weer naar de kolom, enz. Dit betekent dat de hoeveelheid lucht die van buiten af aangezogen moet worden om de installatie af te koelen, zeer beperkt is (ca. 1 m^3). De water- en koolzuurafscheider op de koelmachine kan dus klein zijn.

Na enige tijd stijgt het vloeistofniveau van het kookvat zo ver dat de pen *13* gaat functioneren en de dampbellenpomp dientengevolge minder vloeistof gaat oppompen. Het vloeistofniveau in buis *5*, waarvan de stand met behulp van een meter gevolgd kan worden, stijgt dan eveneens. Men kan nu overschakelen naar de normale situatie. Ten slotte stelt men de weerstand *4* in op de juiste waarde, door de meters te raadplegen die aangeven hoeveel lucht en hoeveel zuurstof er per seconde aangezogen resp. afgeblazen wordt. De gehele aanloopperiode duurt ongeveer $1^1/_2$ uur.

Technische uitvoering en eigenschappen

De technische uitvoering van de installatie wijkt, zoals reeds werd vermeld, in zoverre af van het schema van fig. 5 dat de koelmachine niet boven de luchtsplitsingskolom is opgesteld, maar ernaast (zie *fig. 9* en titelfoto).

Door het opstellen van de koelmachine naast de

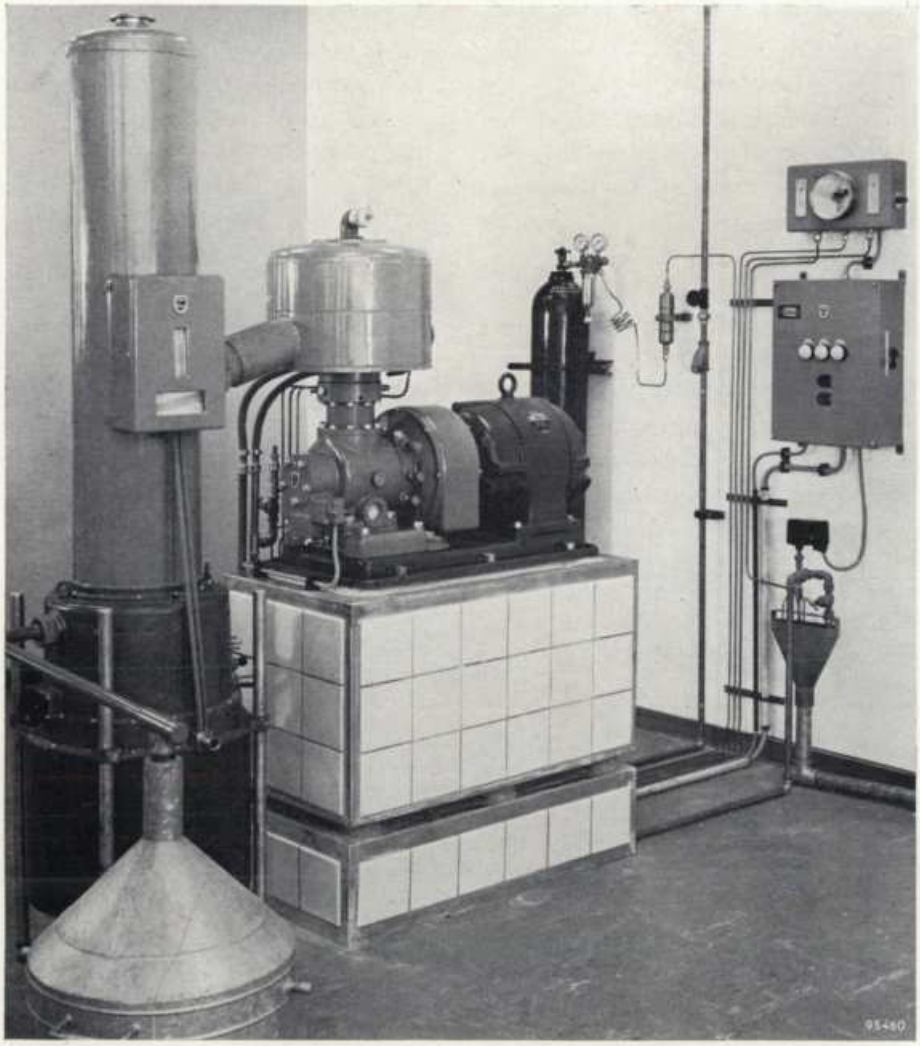


Fig. 9. Philips installatie type PW 7050 voor het maken van vloeibare stikstof. Links de luchtsplitsingskolom, tot één geheel verenigd met de daaronder gemonteerde water- en koolzuurafscheider. Op het voetstuk de koudgaskoelmachine, met daarop (in één omhulsel) de condensor en een tweede water- en koolzuurafscheider; deze laatste doet dienst gedurende de aanloopperiode. In het kastje dat aan de mantel van de kolom is bevestigd, bevinden zich meters voor de aangezogen luchtstroom, de afgeblazen zuurstofstroom en voor de plaats van het vloeistofniveau in de daalpijp van de refluxpomp. De installatie levert 4 tot 5 liter vloeibare stikstof per uur bij een vermogen van 6 kW en kan een week ononderbroken werken. De in beslag genomen vloeroppervlakte is slechts 0,50 × 2,00 meter.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

luchtsplitsingskolom zijn alle onderdelen van de installatie gemakkelijk toegankelijk en is het mogelijk koelmachine en kolom op eenvoudige wijze te ontkoppelen. Een voordeel van deze constructie is dat men zich, door de kolom los te maken van de koelmachine en laatstgenoemde van een andere condensor te voorzien, een eenvoudige installatie voor het maken van vloeibare lucht kan verschaffen. Anderzijds kan men evenzo, door het omgekeerde te doen, een vloeibareluchtinstallatie gemakkelijk omzetten in een installatie die uit de atmosferische lucht vloeibare stikstof maakt.

Daar de kolom zich, wanneer de installatie werkt, op zeer lage temperatuur bevindt, en het afstaan van „koude" aan de omgeving zo veel mogelijk beperkt moet worden, is de eigenlijke kolom omgeven door een dikke isolerende laag. Datgene wat fig. 7 toont, is slechts de mantel van deze isolatie. Als isolatiemateriaal is silica-aërogel gekozen, een poedervormig materiaal met bijzonder goede eigenschappen. De warmtegeleiding ervan is nl. zeer gering en het materiaal is stortbaar, waardoor het vullen van de isolatieruimte eenvoudig is.

De eigenlijke kolom is een pijp met een diameter van 4,5 cm en een lengte van 90 cm, die volgestort is met een vulmateriaal. Hiervoor zijn zadelvormig gebogen stukjes metaalgaas gekozen (zie *fig. 10*).

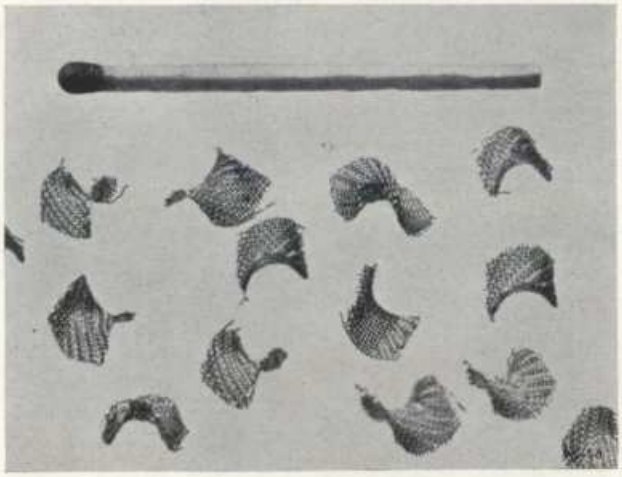


Fig. 10. De zadelvormig gebogen stukjes metaalgaas waarmee de kolom is gevuld.

Aan de top en bij het invoerpunt van de lucht zorgen vloeistofverdelers voor een homogene verdeling van de vloeistof.

Op de constructieve details van de warmte-uitwisselaar, waarin de afgeblazen zuurstof de aangezogen lucht afkoelt en die tevens fungeert als water- en koolzuurvanger, zullen we thans niet nader ingaan [7]). Wel zij vermeld dat dit onderdeel zodanig van constructie is dat het een zeer goede warmte- en stofoverdracht combineert met een zeer kleine stromingsweerstand; bovendien duurt het zeer lang voordat de kanalen ervan door ijs en sneeuw verstopt raken. De installatie kan dientengevolge een volle week continu werken. Het weekeinde kan dan b.v. worden gebruikt om sneeuw en ijs te laten smelten. De ijs- en koolzuurafscheider die zich op de condensor van de koelmachine bevindt en die, zoals eerder werd vermeld, functioneert gedurende de aanloopperiode, is van hetzelfde type als de juist genoemde.

De installatie verbruikt een vermogen van 6 kW. Enige andere belangrijke eigenschappen vindt men samengevat in *tabel I*.

Tabel I. De belangrijkste eigenschappen van de complete installatie PW 7050 voor het maken van vloeibare stikstof.

Produktie	4 tot 5 l/h
Zuiverheid	groter dan 99,5%
Vermogen	6 kW
Specifiek vermogen	1,2-1,5 kWh/l
Totale produktie in één werkperiode	500-1000 l *)
Hoogte	200 cm
Vloeroppervlakte	0,5 × 2 m
Totaal gewicht	circa 400 kg

*) Afhankelijk van de vochtigheid van de lucht.

Vergelijking met andere systemen

Daar het splitsen van lucht plaatsvindt bij zeer lage temperatuur, is, zoals reeds werd opgemerkt, het belangrijkste kenmerk van een installatie voor het maken van vloeibare stikstof of zuurstof uit lucht, de wijze waarop de koude wordt geproduceerd en de vereiste warmtestromen worden gerealiseerd. Men ontwerpt het schema uiteraard steeds zo dat de toevoer van andere energie dan die welke voor de koudeproduktie nodig is, tot het uiterste beperkt blijft. De tot nu toe praktisch toegepaste schema's zijn in het algemeen vrij ingewikkeld [8]). Zij hebben gemeen dat de lucht, vóórdat deze naar de splitsingskolom gaat, gecomprimeerd wordt.

Voor de produktie van koude maakt men, vooral bij kleine installaties, vaak gebruik van het Joule-Kelvin-effect. Het gas wordt zeer sterk gecomprimeerd en daarna bij lage temperatuur door een zg. smoorkraan geëxpandeerd. Hierbij treedt afkoeling en gedeeltelijke condensatie op. Over het algemeen moet men bij het maken van vloeibare lucht of stikstof comprimeren tot rond 200 atm, en

[7]) Dit zal te zijner tijd in een afzonderlijke publikatie geschieden.

[8]) Zie noot [2]).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

meer lucht verwerken per mol produkt dan bij het in dit artikel beschreven systeem. Een andere, vooral voor grote installaties gebruikelijke, methode is die waarbij men gecomprimeerd koud gas isentropisch laat expanderen door het bij de expansie uitwendige arbeid te laten leveren aan de zuiger van een zuiger-expansiemachine of aan de rotor van een turbine. De koudeproduktie hierbij is onder gelijke omstandigheden groter dan bij het Joule-Kelvin-effect. Men hoeft dus minder sterk te comprimeren.

In de koudgaskoelmachine wordt eveneens gas gecomprimeerd en geëxpandeerd. Dit gebeurt echter niet met de te splitsen lucht zelf, maar met waterstof in een gesloten systeem [9]). Dat de lucht hier niet zelf gecomprimeerd wordt, heeft verschillende voordelen. In de eerste plaats zijn er in de installatie geen expansiekranen nodig, waarvan de kleine openingen zouden kunnen dichtvriezen, en verder zijn er geen bij lage temperatuur bewegende delen die zouden kunnen vastvriezen. Bovendien blijft op deze wijze de lucht geheel vrij van olie, en het produkt eveneens. Daar geen grote hoeveelheden gas gecomprimeerd behoeven te worden, kan verder de constructie van de installatie vrij licht zijn. Het feit dat de lucht niet gecomprimeerd wordt, draagt dus in hoge mate bij tot de eenvoud en de betrouwbaarheid van de installatie.

[9]) In dit opzicht komt de installatie overeen met de vroeger beschreven installatie voor het maken van vloeibare lucht met de koudgaskoelmachine. Ook daarin wordt de vloeibaar te maken lucht niet gecomprimeerd.

Samenvatting. Vloeibare stikstof, die veelvuldig als koelmiddel wordt gebruikt, kan thans op kleine schaal (b.v. voor laboratoria), maar toch economisch, uit atmosferische lucht worden geproduceerd met behulp van een in de Philipslaboratoria ontwikkelde installatie. Deze installatie levert bij een opgenomen vermogen van 6 kW 4 à 5 liter vloeibare stikstof per uur met een zuiverheid van meer dan 99½ %. De hoofdbestanddelen ervan zijn een gassplitsingskolom en, als koudeproducent, de vroeger in dit tijdschrift beschreven koudgaskoelmachine.

De lucht, die in een warmte-uitwisselaar wordt voorgekoeld door de als afvalprodukt ontwijkende zuurstof en verder afgekoeld door de zuurstofrijke vloeistof die zich in een vergaarbak (het zg. kookvat) onder aan de kolom bevindt, treedt als nagenoeg verzadigde damp de kolom binnen, op een punt dat ergens tussen top en bodem gelegen is. In de kolom, een met zadelvormig gebogen metaalgaasjes volgestorte buis van 4,5 cm diameter en 90 cm hoogte, bewegen zich een vloeistofstroom naar beneden en een dampstroom naar boven. De vloeistof wordt steeds zuurstofrijker en bevat wanneer zij onder aan de kolom het genoemde kookvat bereikt, nog maar weinig stikstof. De naar boven stromende verzadigde damp wordt steeds rijker aan stikstof en heeft aan de top van de kolom het eerder genoemde stikstofgehalte. Dit zg. topprodukt wordt door de koudgaskoelmachine gecondenseerd; een deel ervan wordt afgetapt als produkt, een ander deel wordt (aan de top) naar de kolom teruggevoerd (reflux). Aldus is het bestaan van de neerwaartse vloeistofstroom, die voor de werking van de kolom essentieel is, gewaarborgd. Daar het koudetransport van de koelmachine naar de kolom uitsluitend geschiedt door middel van de reflux, ligt de waarde daarvan geheel vast. De thermische eigenschappen van stikstof, die deze waarde bepalen, zijn zodanig dat de minimale reflux die voor het splitsen van lucht noodzakelijk is, ruimschoots overschreden wordt. De koelmachine is om praktische redenen niet boven de kolom geplaatst, maar ernaast. De reflux moet derhalve opgepompt worden. Dit geschiedt met behulp van een zg. dampbellenpomp. De regeling van deze pomp geschiedt, evenals het afblazen van het afvalprodukt, geheel automatisch. Er bevinden zich in de luchtsplitsingkolom geen draaiende onderdelen die zouden kunnen vastvriezen, en ook is het optreden van verstoppingen nagenoeg uitgesloten. De warmte-uitwisselaar, door welke de lucht wordt aangezogen, fungeert tevens als water- en koolzuurafscheider. De installatie kan een week ononderbroken werken. De aanloopperiode duurt ongeveer 1½ uur.

RECTIFICATIES

In het artikel „De levensduur van voorschakelapparaten voor gasontladingslampen, I. Transformatoren en smoorspoelen" (Philips techn. T. **20**, 1958, no. 1) vervange men in de tweede regel van het onderschrift van fig. 14 de woorden „elektrisch belast te zijn geweest" door „veroudering". In deel II van dit artikel („Condensatoren", Philips techn. T. **20**, 1958, no. 4) zijn in fig. 6 de twee clichés verwisseld, en in fig. 7 is niet de verliesfactor tg δ uitgezet, maar de toeneming van tg δ.

In het artikel „De lagentransistor als netwerk-element bij lage frequenties, III" (Philips techn. T. **20**, 1958, no. 2) leze men op blz. 39 in het onderschrift van fig. 2c „anodestroom" in plaats van „anodespanning"; op blz. 40 linkerkolom, laatste regel „voor iedere °C" in plaats van „voor iedere 10°C"; op blz. 44 rechterkolom in het gedeelte in kleine letters onder 1) „per °C" in plaats van „per 10°C"; in fig. 14c moet bij de batterij in de basistak geschreven staan „$E_B = \frac{R_1}{R_1+R_2} V_S$", terwijl het symbool V_S rechts van deze batterij moet vervallen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLIKATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publikaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvraag overdrukken.

2523: E. W. Gorter: Chemistry and magnetic properties of some ferrimagnetic oxides like those occurring in nature (Adv. Phys. **6**, 336-361, 1957, no. 23).

Inhoud van een voordracht, gehouden op een conferentie over het magnetisme van natuurlijke gesteenten (Conference on rock magnetism, Londen, 1956). Het is in hoofdzaak een overzicht van de eigenschappen van ferrimagnetische oxydes met spinelstructuur, voor zover deze verband houden met ferrimagnetische oxydes die in de natuur voorkomen. In § 1 wordt het samenstellingsdiagram voor het systeem FeO-Fe_2O_3-TiO_2 in een beter hanteerbare vorm gebracht door één der hoekpunten van dit driehoeksdiagram niet, zoals gebruikelijk, toe te kennen aan Fe_2O_3, maar aan $\frac{1}{2}Fe_2O_3$. § 2 behandelt achtereenvolgens: de verdeling van de kationen over de tetraëder- en de octaëderplaatsen; de methodes om deze verdeling te weten te komen; de waardigheid der aanwezige metaalionen uit de overgangsreeks; en de moeilijkheid om ontmengingsgebieden op te sporen in een reeks van vaste oplossingen. § 3 behandelt, aan de hand van de theorie van Anderson, de relatieve oriëntering van de magnetische momenten der ionen in oxydes met spinel-, hematiet- en pseudo-brookietstructuur. Aangetoond wordt dat geen der tot nu toe gegeven verklaringen voor het gedrag van ilmeniet ($FeTiO_3$) bevredigend is. § 4 vestigt de aandacht op de mogelijkheid dat een plaatsruilwisselwerking tussen twee fazen verantwoordelijk is voor een aan het aardveld tegengesteld gerichte thermo-remanente magnetisatie, die bij sommige natuurlijke gesteenten optreedt.

2524: J. L. Meijering: Diffusion du fluor dans l'argent solide (Rev. Métallurgie **54**, 520-522, 1957, no. 7).

Als men zilver dat b.v. 0,05% Mg bevat, verhit in gesmolten AgF, diffundeert F naar binnen. Er ontstaan in het zilver twee scherpe diffusiefronten, die door de kristalgrenzen niet worden beïnvloed. Door deze inwendige fluorering wordt het zilver gehard. Waarschijnlijk wordt het voorste front gevormd door het ontstaan van MgF_2, en het tweede front door een dubbelfluoride, b.v. $AgMgF_3$.

2525: F. C. de Ronde: Un élément simple pour mesurer des impédances en ondes centimétriques et millimétriques: La terminaison variable à réglages indépendants et à lecture directe du module et de l'argument du coefficient de réflexion (Arch. des Sci. **10**, fasc. spéc. 6e Colloque Ampère, Rennes-St.-Malo april 1957, blz. 66-67).

Korte beschrijving van een eenvoudig geconstrueerde, naar modulus en argument absoluut instelbare, variabele impedantie voor centimeter- en millimetergolven. Deze impedantie wordt gebruikt voor impedantiemetingen in een brugschakeling, die is voorzien van een zg. hybride T.

2526: F. C. de Ronde: Une nouvelle méthode de mesure de la constante diélectrique et de la perméabilité magnétique des matières solides en ondes centimétriques (Arch. des Sci. **10**, fasc. spéc. 6e Colloque Ampère, Rennes-St.-Malo april 1957, blz. 68-70).

Korte beschrijving van een nieuwe methode voor het meten van de diëlektrische constante en de magnetische permeabiliteit van vaste stoffen bij zeer hoge frequenties met behulp van golfgeleiders. De methode verschilt daarin van die van Benoit of van Roberts en Von Hippel dat de karakteristieke impedantie van de golfgeleider, gevuld met het te onderzoeken materiaal, rechtstreeks wordt gemeten.

2527: K. Rodenhuis: Construction et circuits d'une triode 4000 Mc/s à cathode L (Le Vide **12**, 23-31, 1957, no. 67; Franse en Engelse tekst).

Beschrijving van de schijftriodes EC56 en EC57, bestemd voor gebruik in straalzenders tot 4000 MHz. Door gebruik te maken van een L-katode, die een grote stroomdichtheid kan leveren met behoud van een goede levensduur, en door tevens schijven te gebruiken met een goede geleiding bij hoge frequenties, heeft men deze triodes een, voor deze frequenties, gunstig rendement en een grote versterking kunnen geven. Na een beschrijving van de constructie van deze buizen en van enige bijzonderheden betreffende de gevolgde fabricagemethode, wordt nog iets meegedeeld over het gedrag van de buizen in versterkers; speciaal de ingangsimpedantie en de terugwerking worden behandeld. De terugwerking blijkt nauw samen te hangen met de versterkingsfactor van de buis en invloed te hebben op het maximale uitgangsvermogen. Ten slotte

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

worden enige andere toepassingen van de buis genoemd. Zie ook Philips techn. T. **18**, 321-328, 1956 en **19**, 149-161, 1957 (no. 5).

R 339: S. Duinker: General properties of frequency-converting networks (Philips Res. Rep. **13**, 101-148, 1958, no. 2).

Vervolg van **R 337.**

R 340: H. L. Spier en W. L. Wanmaker: Influence of additives on particle size of tungsten powder prepared by reduction with hydrogen from tungsten trioxide (Philips Res. Rep. **13**, 149-156, 1958, no. 2).

Onderzoek naar de invloed van geringe hoeveelheden bijmengsels op de korrelgrootte van wolfraampoeder, bereid door reductie van wolfraamtrioxyde. Door enig kaliumsilicaat en kaliumsilicowolframaat toe te voegen, krijgt men grote korrels; andere toevoegingen, b.v. calciumnitraat of magnesiumsulfaat, bevorderen het ontstaan van kleine korrels. Door de reductie van zuivere kaliumsilicowolframaten te bestuderen, komen de auteurs tot een verklaring van deze verschijnselen.

R 341: W. van Gool: Fluorescence and photoconduction of silver-activated cadmium sulphide (Philips Res. Rep. **13**, 157-166, 1958, no. 2).

Beschrijving van enige CdS-fosforen waarbij Ag als activator, en Ga of Cl als coactivator werden gebruikt. Het fluorescentiespectrum bij lage temperatuur (77 °K) vertoont twee banden, waarvan de maxima liggen bij 6200 Å en bij 7300 Å. Een grote concentratie van zilver, gecombineerd met een kleine concentratie van de coactivator, bevordert de emissie in de kortgolvige band. Fosforen met gelijke activator- en coactivatorconcentratie geven alleen de langgolvige emissie. Een sterke fotogeleiding en een geringe donkerstroom treden alleen op bij een verhouding van activator- en coactivatorconcentratie die iets groter is dan één. Uit metingen aan een reeks mengkristallen van CdS en ZnS bleek duidelijk dat de band bij 6200 Å van CdS geleidelijk overgaat in een band bij 3900 Å van ZnS, terwijl de band bij 7300 Å van CdS overgaat in de bekende blauwe Ag-band van ZnS (4350 Å). Dit is in tegenspraak met de onderstelling van Lambe en Klick dat de band bij 6200 Å van CdS zou corresponderen met de band bij 4350 Å van ZnS. De beschouwingen van deze auteurs over de overeenkomst tussen de energieniveaus die deze stralingen veroorzaken, zijn dus niet aanvaardbaar. De verkregen inzichten hebben geleid tot de bereiding van een nieuwe rode fosfor voor kleurentelevisie.

R 342: J. Bloem: Discussion of some optical and electrical properties of Cu_2O (Philips Res. Rep. **13**, 167-193, 1958, no. 2).

Uit bekende optische en elektrische gegevens van Cu_2O is het energieschema — dus het energieverschil tussen valentie- en geleidingsband en de posities van de gelokaliseerde energieniveaus — voor deze stof afgeleid. Op grond van dit schema zijn de evenwichtsconcentraties van de verschillende roosterstoringen (zuurstof- en kopervacatures, vrije elektronen en vrije gaten) berekend als functie van de temperatuur en van de zuurstofdruk in de atmosfeer. Experimenten bij zo hoge temperaturen dat het evenwicht zich snel instelt, vertonen goede overeenkomst met de theorie. Koelt men snel af, dan blijken echter de optische en de elektrische eigenschappen niet in overeenstemming te zijn met het evenwicht dat men aldus trachtte in te vriezen. Door in rekening te brengen dat verschillende roosterstoringen zich met elkaar associëren gedurende de afkoeling, kan men het optische gedrag verklaren. Om ook het elektrische gedrag te verklaren, moet men nog in aanmerking nemen dat chemisorptie van zuurstof optreedt. Door deze chemisorptie kan namelijk een goed geleidende oppervlaklaag ontstaan, die vrijwel de gehele geleiding voor zijn rekening neemt. Dit gebeurt vooral bij lage zuurstofdrukken. Bij hoge zuurstofdrukken is de geleiding door een oppervlaklaag nauwelijks merkbaar. Bij tussenliggende drukken zijn geleiding door het oppervlak en door het inwendige even groot. Dit uit zich in een schijnbare verkleining van de beweeglijkheid der ladingdragers.

Verschenen is:

R. Kretzmann: Elektronische schakelingen in de industrie (Philips' Technische Bibliotheek, Meulenhoff & Co., Amsterdam 1958, VIII + 204 blz., 206 figuren).

Dit boek is de Nederlandsche uitgave van „Industrial Electronics" [1]). Het is het vervolg op „De elektronentechniek in de industrie" [2]), van dezelfde schrijver.

---

[1]) Aangekondigd in Philips techn. T. **19**, 252, 1957 (no. 7/8).
[2]) Besproken in Philips techn. T. **16**, 382, 1956 (no. 12).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!